

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILOFACIAL**



TESIS DE MAESTRIA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MEDIDA DE LOS CAMBIOS DE TEJIDOS
BLANDOS EN EL PERFIL FACIAL UTILIZANDO IMÁGENES
ESTEROSCÓPICAS Y FOTOMÉTRICAS 3D CON RADIOGRAFÍAS
CEFALOMÉTRICAS 2D “**

**AUTORA:
DRA. ENGRACIA MARÍA QUIJADA BEZA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2019

ACTO QUE DEDICO

A DIOS por ser mi guía y mi luz en todo momento

A MIS HERMANOS gracias por su esfuerzo, consejos, amor y comprensión, los quiero mucho.

A MI ESPOSO E HIJO gracias por ser mi apoyo incondicional, y ser ese motor que me hace seguir adelante cada día.

A MI FAMILIA gracias por todo el apoyo y el amor brindado.

A MIS AMIGOS por todos esos momentos gratos tan especiales que compartimos juntos

A LA USAC por ser mi alma mater.

A MIS DOCENTES por todo el apoyo, ejemplo, y por brindarme su ayuda y amistad.

ÍNDICE

Sumario.....	4
Introducción.....	6
Capítulo 1.....	9
1.0 Planteamiento del problema	9
1.1 Descripción del problema.....	9
1.2 Formulación del problema	9
1.3 Justificación	10
1.4 Delimitaciones de la investigación.....	11
1.5 Objetivos	11
1.5.1 Objetivo General	11
1.5.2 Objetivos Específicos	11
1.6 Hipótesis.....	11
1.6.1 Alterna	11
1.6.3 Nula.....	11
1.7 Operacionalización de las variables	12
1.8 Metodología empleada	13
Capítulo 2.....	18
2.0 Fundamentación teórica.....	18
2.1 Estética Facial	18
2.2 Estética	y Ortodoncia
2.3 Radiografía	Cefalométrica
2.4 Imagen 3D en Ortodoncia	27
2.5 Pruebas diagnósticas de Imagen 3D que usan radiación	29
2.6 Pruebas diagnósticas de Imagen 3D que no usan radiación.....	32
2.7 Aplicaciones de la imagen en 3D de la cara	34
2.8 Aplicación de imágenes 3D en los dientes	36
2.9 Estereofotometría digital en 3D: una guía práctica para la adquisición de imágenes faciales	37
2.10 Escáner Tridimensional Scanify.....	38
2.11 Superposición tridimensional de la base craneal para la evaluación de los cambios de tejidos blandos	44
Capítulo 3.....	46
3.1 Consideraciones Bioéticas	46
3.2 Análisis Estadístico	47
3.4 Discusión de resultados	53
3.4.1 Análisis de la hipótesis planteada en la investigación.....	57
Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	61
Bibliografías.....	62
Anexos.....	65

Anexo No. 1	65
Anexo No. 2	68
Anexo No. 3	71
Hoja de firmas	

¡Error! Marcador no definido.

Sumario

La importancia del estudio de las proporciones faciales humanas fue desarrollada por la antropometría física, la cual se basa en mediciones directas sobre la superficie facial definiendo puntos de referencia de tejido óseo y de tejido blando, conceptos visibles en la evaluación de la radiografía lateral de cráneo hoy en día en donde se sustituyeron las mediciones faciales directas (2). Posteriormente muchas disciplinas como la ortodoncia, cirugía maxilofacial y cirugía plástica han contribuido al estudio de las características de la cara humana en la búsqueda de guías para el análisis de su morfología con fines diagnósticos, correctivos y reconstructivos (4), haciendo énfasis en la proporción espacial de los tejidos blandos, al equilibrio que estos guardan entre sí y las relaciones estéticas del perfil facial (4, 5, 21).

Con el afán de definir el perfil facial humano, Ricketts (21) después de diferentes investigaciones realizó una clasificación de las relaciones que guardan los labios y propuso el Plano Estético (Plano o Línea E) como una línea recta desde la punta de la nariz a la mayor convexidad del mentón blando para estudiar la relación de los labios con las estructuras adyacentes. Con dicho plano, el autor propuso evaluar la armonía y balance estético en las relaciones de nariz, labio y mentón, determinando con ello la presencia o ausencia de protrusión labial (superior y/o inferior) asociando este signo clínico con la maloclusión presente en los pacientes.

El análisis de la radiografía lateral de cráneo ha sido uno de los registros diagnósticos utilizados para evaluar las características del paciente previo a recibir tratamiento y monitorear los cambios que este ha ejercido en los pacientes cuando ha finalizado; sin embargo, las medidas bidimensionales obtenidas (tanto lineales, verticales y anteroposteriores) no son suficientes para comprender de manera completa las maloclusiones presentes en los pacientes. Por lo tanto, este método tiene limitaciones para describir las características tridimensionales de la cara y cráneo (5, 6, 8, 10, 11).

Existe hoy en día la necesidad de explorar, desarrollar y aplicar tecnología que permita registrar imágenes en tres dimensiones para realizar análisis faciales en los que se pueda evaluar distancias, superficies y volúmenes del estado inicial y final de los pacientes teniendo así una mejor comprensión de los cambios que sufren las distintas estructuras al practicar tratamientos de ortodoncia, principalmente aquellas encontradas en el tercio inferior de cara (7, 8, 10).

En los últimos años, han surgido nuevos hardware y software que han permitido mejorar la calidad de los aparatos de uso comercial que captan imágenes en tres dimensiones, como por ejemplo el escáner portátil SCANIFY[®] (Fuel 3D Technologies Limited, Reino Unido); estos son precisos, rápidos, más pequeños y manejables, sin riesgo de causar exposiciones a radiación ionizante. Dicha tecnología podría aplicarse en la práctica clínica diaria por ofrecer ventajas de versatilidad y adquisividad.

La presente investigación aplica esta tecnología, por medio del registro de imágenes faciales en tres dimensiones capturadas en 16 pacientes de ortodoncia a partir de un escáner tridimensional portátil que incorpora cámaras estereoscópicas y fotométricas, comparándolas con la toma de una radiografía lateral de cráneo, las cuales fueron captadas antes y después del proceso de retracción ortodóncica del segmento anterior, en donde todos los pacientes fueron diagnosticados con biprotusión dental y labial. Se les realizó como parte de su tratamiento de ortodoncia las exodoncias de los primeros premolares maxilares y mandibulares en la clínica del postgrado de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el período 2016-2018.

Se analizó de forma individual cada imagen y se determinaron los cambios que sufrieron los labios después de la retracción de dicho segmento a través de las imágenes digitales generadas por el escáner y analizadas en el software GOM Inspect, en donde se obtuvo como resultado una medida horizontal en milímetros, al igual que la obtenida de la radiografía cefalométrica por medio del programa Adobe Photoshop CS6. Las medidas tomadas antes y después de la retracción del segmento anterior de las radiografías laterales de cráneo e imágenes en 3D fueron analizadas estadísticamente por medio de T de Student, obteniendo como resultado que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de medidas de la radiografía cefalométrica en comparación con las imágenes 3D (Tabla 4 y 5).

La discrepancia de los datos obtenidos en el momento final del labio inferior de las imágenes 3D fue mayor al compararlos con los datos finales de las imágenes 2D. Es probable que éste aspecto se encuentre relacionado con las dificultades de identificación en algunos de los puntos de referencia, principalmente aquellos relacionados con el labio inferior que pueden haber interferido en la variante anteriormente citada. Coincidente con lo que el autor Ardón, E. (15) afirmó en los resultados de su estudio. En ambos métodos utilizados se evidenció que existió una retracción de los labios luego del movimiento hacia atrás de los incisivos superiores e inferiores durante el tratamiento de ortodoncia. Adicionalmente el uso del método 3D es recomendable porque permite el análisis tridimensional y volumétrico los tejidos blandos faciales.

Introducción

Para el ser humano la estética facial se ha convertido en un aspecto de suma importancia, y se encuentra estrechamente relacionado con la aceptación social, el bienestar psicológico y la autoestima. Sin embargo, la definición de una cara atractiva y agradable es una cuestión subjetiva en la que intervienen múltiples factores (cultura, personalidad y gustos personales, origen racial, edad, etc.) (1). Se sabe que las características faciales difieren entre las diversas razas y grupos étnicos (2). Para el ortodoncista la comprensión de la estética facial, y por lo tanto el manejo de los tejidos blandos, se ha convertido en uno de los parámetros más importantes para llevar un tratamiento ortodóntico exitoso. Norman Kingley (1), fue el primer odontólogo involucrado en la estética facial, quien publicó un libro que relaciona la estética facial con la forma de la cara.

Diferentes autores (3,4,5,6,7) han incluido parámetros de los tejidos blandos en sus análisis, la mayoría a partir de radiografías. También se han descrito varios análisis fotométricos (sobre fotografías) de tejidos blandos del perfil facial (8,9,10,11,12). Este método requiere una técnica fotográfica estandarizada con el fin de poder evaluar y comparar registros fotográficos posteriores. Las mediciones que valoran las dimensiones faciales en proyección frontal y de perfil, se han realizado clásicamente sobre la fotografía del paciente, que es un buen medio indirecto para analizar la morfología cráneo facial, siempre y cuando estén técnicamente bien tomadas, evitando magnificaciones o distorsiones que deforman la imagen real (12,13).

A partir del desarrollo de los Rayos X, el análisis de los tejidos blandos y sus cambios durante el tratamiento de ortodoncia se ha llevado a cabo a través del uso de radiografías laterales de cráneo o cefalometrías, que se definen como imágenes bidimensionales. Por lo que ha constituido una de las herramientas de importancia en el diagnóstico ortodóntico (1,5).

Si se analiza retrospectivamente autores como Korkhaus, Broadbent, Brodie, Downs, Marcolis, Hylie, Higley, Thompson, Adams, Reidel, Graber, entre otros (1,2,14,4).; han utilizado la radiografía cefalométrica como herramienta para el estudio de los tejidos blandos y su relación con los tejidos óseos.

Uno de los objetivos del tratamiento de ortodoncia, además de corregir la maloclusión dental, es mejorar la estética facial y el perfil del paciente (15,16,17). La extracción terapéutica de primeros premolares es seguida de cambios en el perfil de tejidos blandos (17,14,5,18). Aunque no se ha brindado atención a la relación de la retracción incisiva con los cambios en los labios superior e inferior, se han estudiado los efectos positivos o negativos de la extracción de primeros premolares en el perfil labial (3). Los cambios que ocurren en el perfil facial de personas tratadas con extracciones de primeros premolares son, en la gran mayoría, significativos y exhiben una mejoría respecto a la posición del labio superior e inferior con relación a la línea E o plano estético de Ricketts, (10,5,18) con lo cual se logra un mejor balance y armonía de la estética facial. Los ortodoncistas se han enfocado por largo tiempo en la posición labial en sentido horizontal como la característica más importante al determinar la belleza. Autores como Young, Bishara, Sheridan, Nanda y Bravo (17,5) comprobaron diferencias en los tejidos blandos entre grupos con extracciones y sin extracciones; observándose una gran mejoría de perfil facial en pacientes con extracciones, evaluados respecto a la Línea E de Ricketts en Radiografías Cefalométricas 2D.

Como se describió con anterioridad existen herramientas diagnósticas como la radiografía cefalométrica y técnicas de fotografía para el análisis de los cambios de los tejidos blandos antes, durante y después del tratamiento de ortodoncia. Pero ambas técnicas tienen la particularidad de transmitir imágenes en dos dimensiones, lo que puede restringir un análisis más amplio y detallado de una estructura tridimensional que es el rostro.

Por lo tanto, con la evolución de la tecnología y programas de computación, se ha introducido en la odontología métodos de diagnóstico que difieren de las radiografías, como lo son imágenes en 3D. Éstas garantizan una imagen de mayor calidad y por ende de más versatilidad y utilidad para el odontólogo en su diagnóstico (12). Este estudio tuvo como objetivo principal analizar, si el uso de estas imágenes tridimensionales, proporcionan mayor exactitud al realizar la medición del cambio de los labios del paciente antes de iniciar el tratamiento y luego de terminar de cerrar todos los espacios en boca después de la extracción de los primeros premolares maxilares y mandibulares, en comparación la radiografía cefalométrica, que corresponde el examen diagnóstico que actualmente se utiliza en

ortodoncia, o bien, ser utilizado como una herramienta más para mejorar la visualización de los cambios existentes en el tejido blando durante un tratamiento de ortodoncia. El primer uso de este tipo de imágenes fue reportado por Thalmann Degan (19). Desde esa década hasta la actualidad el sistema tridimensional y los dispositivos para tal objetivo han evolucionado vertiginosamente; lo que es de gran importancia que sea del conocimiento del especialista de la estomatología; por tanto, este estudio, se basó en comparar imágenes radiográficas (cefalometría) y fotométricas (imágenes 3D) para evaluar el cambio de los labios en pacientes con extracciones de primeras premolares luego de la retracción de los incisivos. Ya que la radiografía cefalométrica es la regla de oro del ortodoncista para poder diagnosticar problemas esqueléticos, dentales y de tejidos blandos en el paciente.

Al comparar imágenes bidimensionales y tridimensionales en el análisis de los tejidos blandos faciales, se pudo determinar con mayor exactitud los cambios que pueden tener los tejidos blandos en una imagen de tres dimensiones, ya que la estructura en análisis es una estructura tridimensional (rostro humano), por lo que esta herramienta se vuelve de vital importancia para el ortodoncista y se evitan las distorsiones que puede presentar una radiografía bidimensional o una fotografía común (12,20).

Capítulo 1

1.0 Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

El análisis del perfil facial y de los cambios ocasionados como resultado del tratamiento de ortodoncia, se ha basado en la evaluación de la radiografía cefalométrica 2D. (1,4) Actualmente existen otros medios para el mismo objetivo. Por lo que es de importancia que el especialista conozca otras alternativas de evaluación y diagnóstico en los tejidos blandos. Es necesario e indispensable evaluar los nuevos métodos y equipo que aparecen a diario en el mercado para poder comprobar su eficacia, en este caso con respecto a la evaluación de los tejidos blandos, no existen estudios comparativos entre la evaluación de la posición de los labios durante el tratamiento de ortodoncia (en donde se realizó la extracción de las primeras premolares maxilares y mandibulares, 1.4, 2.4, 3.4, 4.4, y se realizó la retracción con arcos compensados con ansas 0.018x0.025sst.) entre la cefalometría y el uso de imágenes tridimensionales. Por lo que surgió la siguiente interrogante de investigación:

1.2 Formulación del problema

- ¿Existe diferencia al comparar el cambio de perfil facial de tejidos blandos utilizando imágenes estereoscópicas y fotométricas 3D con radiografías cefalométricas 2D?

1.3 Justificación

Actualmente en ortodoncia se utiliza la radiografía cefalométrica para el análisis de los cambios de los tejidos blandos durante el tratamiento de ortodoncia. Lo que dificulta el análisis exacto de los mismos por ser una imagen en dos dimensiones de una estructura (rostro humano) tridimensional. Por lo que implementar la fotometría tridimensional para analizar los cambios de tejidos blandos le dará al ortodoncista otra herramienta para determinar si el tratamiento de ortodoncia cumple con los objetivos planteados en el paciente.

También es de gran importancia comparar el nuevo método de fotografía 3D con la radiografía cefalométrica, que es uno de los métodos diagnósticos más utilizados en ortodoncia, para determinar cuál de los dos posee mayor versatilidad y exactitud al observar los cambios del perfil facial durante un tratamiento de ortodoncia. Tiene como ventaja para el paciente, si en el consultorio se cuenta con este equipo, ahorrar tiempo y dinero, ya que para analizar estos cambios en tejidos blandos se solicita una radiografía cefalométrica en donde el paciente tiene que acudir a un centro diagnóstico y pagar por eso, no siendo así al contar con este equipo. Sin embargo, la radiografía cefalométrica es capaz de dar información de estructuras óseas y dentales, y las imágenes 3D solamente de tejidos blandos, pero de utilidad para evaluar estructuras anatómicas faciales. Por lo que este estudio permite evaluar y comparar el uso de imágenes 3D como una herramienta más para el diagnóstico y tratamiento en los pacientes con ortodoncia, determinando si existe alguna diferencia en evaluar cambios faciales o de tejidos blandos en ortodoncia al compararlo con la imagen generada en una radiografía cefalométrica, o bien sirve como un complemento.

1.4 Delimitaciones de la investigación

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Comparar las medidas de los cambios de perfil facial de tejidos blandos utilizando imágenes estereoscópicas y fotométricas en 3D con radiografías cefalométricas 2D.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Estimar la distancia lineal anteroposterior entre el labio superior e inferior y la Línea E al inicio de la retracción de los incisivos en la radiografía cefalométrica.
- Estimar la distancia lineal anteroposterior entre el labio superior e inferior y la Línea E al final de la retracción de los incisivos en la radiografía cefalométrica.
- Estimar la distancia lineal anteroposterior entre el labio superior e inferior y la Línea E al inicio de la retracción de los incisivos en la estereofotometría.
- Estimar la distancia lineal anteroposterior entre el labio superior e inferior y la Línea E al final de la retracción de los incisivos en la estereofotometría.
- Comparar la fiabilidad entre la medida inicial y final de la distancia lineal anteroposterior entre el labio superior a la línea E utilizando la radiografía cefalométrica vs la estereofotometría.
- Comparar la fiabilidad entre la medida inicial y final de la distancia lineal anteroposterior entre el labio inferior a la línea E utilizando la radiografía cefalométrica vs la estereofotometría.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Alterna

Existe diferencia en la medida de los cambios de perfil facial de tejidos blandos utilizando imágenes estereoscópicas y fotométricas en 3D con radiografías cefalométricas 2D.

1.6.3 Nula

No existe diferencia en la medida de los cambios de perfil facial de tejidos blandos utilizando imágenes estereoscópicas y fotométricas en 3D con radiografías cefalométricas 2D.

1.7 Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Instrumento	Parámetro de medición
Labio superior (LL)	Punto de referencia anatómica en el labio superior	Parte más prominente del labio superior	Cualitativa		Radiografía cefalométrica e imagen 3D	
Labio inferior (LI)	Punto de referencia anatómica en el labio inferior	Parte más prominente del labio inferior	Cualitativa		Radiografía cefalométrica e imagen en 3D	
Línea E	Línea de referencia en la evaluación de los tejidos blandos de la cefalometría de Ricketts	Línea transversal que va desde la punta de la nariz hasta la parte más prominente del mentón	Cualitativa		Radiografía cefalométrica e imagen en 3D	
Distancia del labio superior a la Línea E	Distancia que existe entre la parte más prominente del labio superior a la línea E.	Distancia en mm entre el labrale superior a la línea E	Cuantitativa	Escala de intervalo	Radiografía cefalométrica e imagen 3D	milímetros
Distancia del labio inferior a la Línea E	Distancia que existe entre la parte más prominente del labio inferior a la línea E.	Distancia en mm entre el labrale inferior a la línea E	Cuantitativa	Escala de intervalo	Radiografía cefalométrica e imagen en 3D	milímetros

1.8 Metodología empleada

1.8.1 Fundamentos metodológicos

La población empleada fueron pacientes de ortodoncia que se encuentren en tratamiento activo desde el año 2015 de la clínica de la Escuela de postgrado de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La muestra seleccionada no se tomó en cuenta características como edad, sexo, etnia o patrón facial.

1.8.2 Selección de la población y muestra:

1.8.2.1 Criterios de Inclusión:

- Pacientes diagnosticados con biprotrusión dentoalveolar, cuyo tratamiento consideró exodoncias de primeras premolares superiores e inferiores (1.4, 2.4, 3.4, 4.4).
- Pacientes que finalizaron su etapa de nivelación y alineación y distalización de caninos superiores e inferiores esté finalizada y que estén próximos a iniciar cierre de espacios en las piezas anteriores superiores e inferiores.

1.8.2.2 Criterios de Exclusión

- Pacientes con asimetrías faciales
- Pacientes con síndromes
- Pacientes con labio fisurado y/o paladar hendido
- Pacientes que se haya considerado dentro de su plan de tratamiento cirugía ortognática.

El total de pacientes que cumplieron con estas características y aceptaron colaborar con el estudio fue de 16.

1.8.3 Diseño Metodológico

1.8.3.1 Tipo de investigación: experimental (porque en la muestra empleada se realizaron procedimientos ortodónticos específicos para poder realizar la retracción de los incisivos con el mismo método en todos los pacientes); longitudinal (porque el estudio duró un tiempo

determinado prospectivamente); y descriptivo (porque se utilizaron medidas de tendencia central para el análisis del promedio de las variables cuantitativas).

1.8.4 Método de investigación.

Los pacientes considerados en la muestra fueron invitados, de manera personal y privada, charla informativa en donde se detallaron datos correspondientes a la investigación y en que aceptó firmó el documento de consentimiento informado (Anexo 1) en donde se comprometió a asistir a las citas de control ortodóncico programadas y a tomar las fotografías y radiografía correspondientes en el momento que estas fueran necesarias; en caso los pacientes que formaron parte del estudio eran menores de edad se procedió a firmar el documento de asentimiento informado (Anexo 2) en el cual tanto los padres de familia o tutores legales, así como el niño o la niña aprueban formar parte del estudio.

Se adecuó un espacio físico para facilitar las condiciones de luz y amplitud apropiadas para la captura de imágenes; en este se colocó una silla estática en donde los pacientes tuvieron una posición erguida y natural de la cabeza.

Las imágenes faciales requeridas para el desarrollo del estudio fueron de perfil y se obtuvieron con un escáner portátil comercial estereofotométrico de imágenes en tres dimensiones (SCANIFY®, Fuel 3D Technologies Limited, UK), que combina cámaras estereoscópicas y fotométricas precalibradas con enfoque fijo para escanear objetos de 40 cm/16” en 0.1 segundos, obteniendo imágenes con una resolución de 350 micras según el fabricante. De igual forma se procedió a la toma de la radiografía cefalométrica a través del equipo ROTOGRAPH EVO D que se encuentra en las instalaciones de Disa del Edificio M1 de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se tomó la primera radiografía cefalométrica y fotografía 3D en la misma cita, es decir antes de iniciar la retracción de los incisivos maxilares y mandibulares; en un **promedio de 4-6 meses después**, dependiendo de hasta cuando se finalizara la retracción completa de los incisivos maxilares y mandibulares y que la cara distal de los laterales maxilares y

mandibulares formaran un zona de contacto con la cara mesial de los caninos, se procedió a tomar la segunda radiografía cefalométrica y fotografía 3D en la misma cita.

Durante la toma fotográfica se colocó un blanco u objetivo óptico inmediatamente por debajo del mentón sin que este interfiera o ejerza presión en contra de los tejidos blandos, dicho dispositivo es una tecnología diseñada por el fabricante para ser detectada por el escáner y así estimar la posición y orientación del mismo con respecto al blanco evitando cualquier alteración volumétrica generada por el movimiento corporal.

Las imágenes generadas por SCANIFY® fueron mapas volumétricos 3D de los tejidos blandos faciales de los pacientes y fueron almacenadas como mallas 3D en formatos “.obj, .ply, o .stl.” El formato elegido fue “.ply” por su compatibilidad con el programa GOM Inspect.

Una vez registradas las imágenes de T1 se procedió a identificar las siguientes áreas faciales que se consideraron para realizar las mediciones pertinentes:

- En (Punta de la nariz)
- UL (labio superior)
- LL (labio inferior)
- Dt (Prominencia del mentón) (Figura No. 5)

Se trazó una línea oblicua (Línea estética de Ricketts) del punto **En** (punta de la nariz) al punto **Dt** (punta del mentón) y se midió la distancia en milímetros del punto UL a la línea y del punto LL a la línea, para poder determinar los cambios de los labios durante el tratamiento de ortodoncia. Estas medidas fueron tomadas en la radiografía cefalométrica y fotografía 3D inicial y final en cada paciente. La radiografía cefalométrica se solicitó en formato digital JPEG, para poder ser analizada en el software Adobe Photoshop CS6.

La diferencia entre longitudes labiales iniciales [LLs1/LLi1] y finales [LLs2/LLi2] se registraron con valores superiores (positivos) o inferiores (negativos), de tal manera que los valores superiores implicarán un incremento en la longitud labial después de la retracción del sector anterior y los valores inferiores de manera inversa.

Para realizar la medición de imágenes de T1 y T2, se utilizó el software GOM Inspect; éste es un software de descarga gratuita diseñado para procesar, inspeccionar y analizar nubes de puntos en mallas 3D generadas a partir de escáneres de luz blanca, escáneres láser, CT y otras fuentes y está disponible en www.gom.com. GOM Inspect está probado y certificado por el Instituto Nacional de Metrología de la República Federal de Alemania (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - PTB) y por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología del Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América (NIST) de forma independiente. (Ver Figura No. 7)

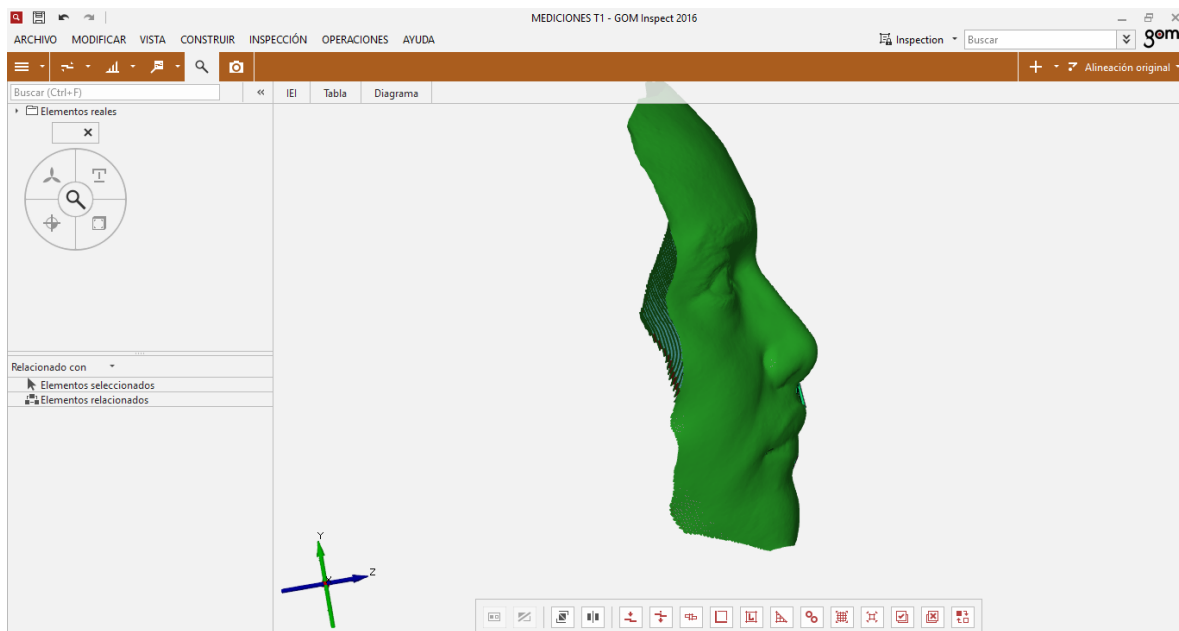


Figura No. 7. Captura de pantalla ejemplificando el programa y la forma que se llevarán a cabo las mediciones de las fotografías 3D. (FUENTE: imagen propia obtenida de la captura de pantalla de la computadora personal)

La medición de las radiografías cefalométricas se hizo por medio del programa Adobe Photoshop CS6 con la opción de regla, calibrada en milímetros. (Ver Figura No. 8).

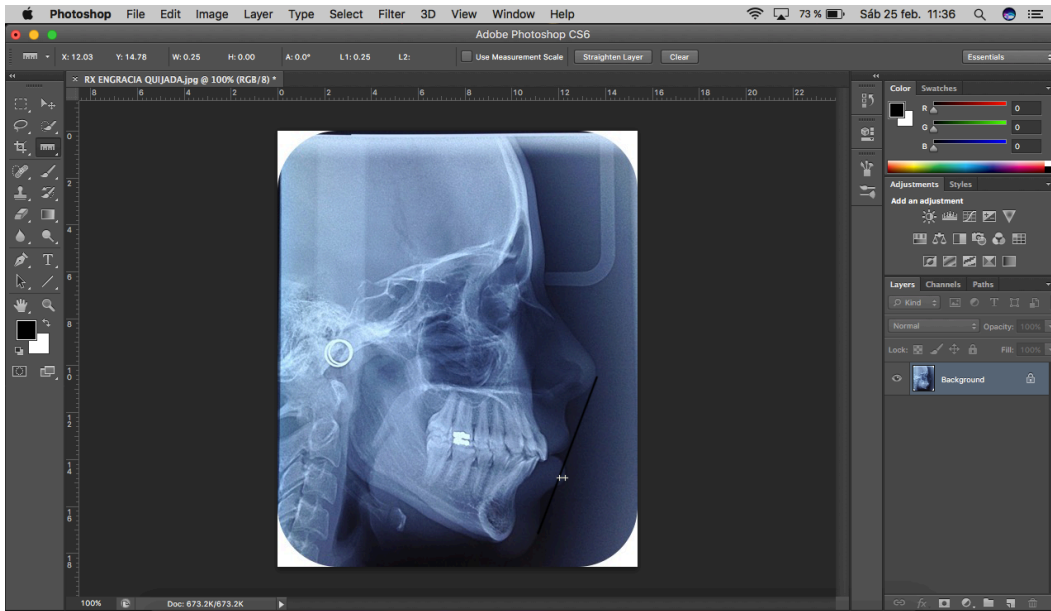


Figura No. 8. Captura de pantalla ejemplificando el programa y la forma que se llevarán a cabo las mediciones en las radiografías cefalométricas. (FUENTE: imagen propia obtenida de la captura de pantalla de la computadora personal)

Los datos generados en cada una de las mediciones se registraron en el instrumento de observación diseñado para la recolección de datos para T1 y T2 (Anexo 3).

Capítulo 2

2.0 Fundamentación teórica

2.1 Estética Facial

La estética constituye uno de los principales motivos de consulta. Los filósofos griegos introdujeron el término ‘es-tética’ (del griego *aisthetikós*, que significa “susceptible de percibirse por los sentidos”). Ellos estudiaron las razones por las cuales el objeto o persona resultaba bella o agradable a la vista. Describieron las primeras leyes geométricas que debían ser respetadas para que la armonía de las líneas y el equilibrio de las proporciones provocaran una sensación satisfactoria en el observador.

El concepto de estética es muy amplio. Se puede entender filosóficamente como “el estudio racional de lo bello”. La estética facial es el resultado del equilibrio y armonía de las simetrías y proporciones resultantes del estudio morfológico facial. Ella analiza el grado de belleza de un rostro correlacionándolo con el grado de autoestima, salud y bienestar.

El concepto de belleza es extremadamente vulnerable. El culto por la imagen y la estética explica la creciente demanda de tratamientos cosméticos en los consultorios dentales. La ortodoncia no es ajena a este fenómeno. El ortodoncista se enfrenta a diario con la exigencia de alcanzar una armonía estética partiendo de alteraciones dentoesqueletales determinadas. No se debe renunciar a los objetivos integrales de tratamiento por el hecho de que el paciente o sus padres sólo estén inicialmente motivados en el área de cosmética.

2.2 Estética y Ortodoncia

2.2.1 Antecedentes

Autores como Nanda y Ricketts (7,21,22) analizaron los cambios de los tejidos blandos, a los cuales se relacionó con la edad tanto en hombres como en mujeres. Se utilizó su análisis cefalométrico y se asoció con los cambios experimentados en los tejidos blandos de la nariz y de los labios con el crecimiento esquelético y la posición dentaria. Fueron empleados cuatro parámetros: la punta de la nariz, el contorno del labio superior, el labio inferior y el tejido blando del mentón. Smith y Dermaut (11,12) realizaron un estudio para determinar la

influencia relativa de la posición anteroposterior maxilomandibular, la altura facial inferior y la forma del dorso de la nariz sobre el perfil facial. Fueron construidas artificialmente 27 imágenes fotográficas del perfil para representar las características de los nueve tipos de perfiles propuestos por Sassouni y combinados con los tres tipos de dorso de nariz (convexo, recto y respingado). La preferencia estética fue hacia la clase I esquelética normal, seguida de la clase I mordida profunda. Los perfiles abiertos y los dorsos de nariz convexos fueron menos preferidos.

Por otra parte, Hillseund, E. y colaboradores (4,23), seleccionaron a un grupo de niños de origen noruego con el propósito de comparar cefalométricamente, evaluados radiográficamente, los cambios producidos en el perfil facial, con los labios en contacto y en relajación. Concluyeron que la reproducción más correcta de la posición y la morfología facial en ambos grupos se daban con los labios en relajación.

Bishara (4) evaluó los cambios dentofaciales y de tejidos blandos en 91 pacientes con maloclusión clase II, división 1 de Angle. De ellos, 44 fueron tratados con extracciones y 47 sin extracciones. Al final del tratamiento se observó en las personas tratadas con extracciones, los labios fueron más retrusivos; los pacientes tratados sin extracciones mostraron los labios más protrusivos. Bravo (1,4), también comparó en individuos con maloclusión clase II de Angle los cambios dentofaciales producidos al tratarlos con o sin extracciones. Comprobó diferencias en los tejidos blandos entre ambos grupos al final del tratamiento de pacientes con extracciones. El labio inferior se hizo más retrusivo y el surco labial inferior más pronunciado. En cambio, en pacientes sin extracciones el labio inferior fue notablemente más protruido.

Sheideman y colaboradores (22), de acuerdo con el sexo y edad, observaron que en los labios de las mujeres eran más prominentes, especialmente el labio inferior relacionado con la nariz y el mentón, lo cual se sustentaba en las medidas de referencia del labio respecto a la línea E de Ricketts.

Nanda (4) reportó que el labio superior e inferior en adultos eran más retrusivos, en radiografías cefalométricas, respecto a la línea E de Ricketts. Spring, por su parte, estudió 1100 perfiles faciales para analizar cinco líneas de referencia; concluyó que la línea E de

Ricketts es de gran valor por su consistencia y sensibilidad, lo cual facilita su aplicación clínica.

Rains y Oliver (1,7), estudiaron la respuesta del labio superior e inferior a la retracción incisiva. Oliver hizo investigaciones respecto a la influencia sobre el grosor y tensión labial en la respuesta del labio superior a la retracción incisiva, y concluyó que el grosor, la longitud y el tono muscular del tejido labial pueden variar para conservar su funcionalidad; se observaron diferencias significativas de esta adaptación al comparar pacientes con labios gruesos con labios delgados. Autores, como Birch y Huggins (4), se dieron cuenta de que con el tiempo pueden existir cambios pequeños en los labios. Ellos creían que había una gran tendencia a la recidiva labial después del tratamiento con extracciones de primeros premolares. Un alto porcentaje indicó que la posición labial había hecho esto y parecía importante que regresaran a su posición anterior a pesar de la mejoría en el segmento anterior.

2.2.2 Parámetros utilizados en ortodoncia para el análisis de la estética facial

2.2.2.1 Análisis facial frontal:

Se realiza a través de la toma de una fotografía frontal del rostro del paciente o directamente durante la cita en el consultorio. Se analiza la simetría de los tercios faciales superior, medio e inferior. También se analiza la simetría de los quintos faciales, se divide la cara en cinco partes iguales del pabellón auricular de un lado al pabellón auricular del lado contrario.

2.2.2.2 Análisis de la sonrisa

Se deben de tomar en cuenta varios elementos como lo son:

Línea de sonrisa: la línea del labio superior debe llegar al margen gingival de los incisivos superiores. La exposición de la encía vestibular alrededor de 2mm durante la sonrisa se puede considerar estética, mayor a ésta, se denomina “sonrisa gingival”.

Comisuras: en la situación ideal durante la sonrisa debe haber un paralelismo entre las curvaturas de la línea incisal superior y la línea labial inferior. Llevando así las comisuras hacia arriba en una ubicación simétrica.

Corredor bucal: es el triángulo desprovisto de dientes en las comisuras bucales al reír.

Contorno gingival: se analiza que no exista inflamación, hiperplasia, contorno gingival, entre otros.

2.2.2.3 Análisis del Perfil Facial a través de la línea estética de Ricketts o Línea E (7,21,22).

Analiza la protrusión labial con respecto a la posición anteroposterior de los labios de una línea trazada desde la punta de la nariz hasta la parte más prominente del mentón. Su valor normal es de -2 mm +/- 2 mm a los 8 años y medio de edad, y disminuye aproximadamente 0,2 mm por año. Valores positivos se relacionan con un labio inferior adelantado a la línea E y valores negativos indicarán que el labio se encuentra por detrás de la línea E.

2.2.2.4 Puntos anatómicos de tejidos blandos respecto a la Cefalometría de Ricketts. (Figura No. 1).

- **En: (Pn)** Nasal, punto más anterior del tejido blando de la nariz
- **Dt: (Pog')** Mentón, punto más anterior del tejido blando del mentón
- **UL: (Ls)** Labio superior, punto más anterior del labio superior
- **LL: (Li)** Labio inferior, punto más anterior del labio inferior
- **Em:** Comisura, punto donde se encuentran el labio superior e inferior.



Figura No. 1. Puntos anatómicos de tejidos blandos respecto a la Cefalometría de Ricketts (FUENTE: fotografía propia, modificada en programa Power Point)

2.3 Radiografía Cefalométrica

2.3.1 Antecedentes

La cefalometría no es tan moderna. La necesidad de relacionar los arcos dentarios con las estructuras craneofaciales (7), inquietó a los ortodoncistas a comienzos de siglo y se puede afirmar que desde la controversia de Angle y Case hasta la actualidad, han sido mucho los intentos para buscar una técnica de diagnóstico que completara la armónica correlación de estas dos áreas estructurales. Hubo de todo, desde los planos y ángulos utilizados con fines antropológicos como Camper, hasta la complicada técnica de mascarillas de van Loon (6,7,22).

Desde las mediciones angulares de Korkhaus hasta las telerradiografías cefalométricas de Broadbent, Brodie, Downs, Marcolis, Hylie, Higley, Thompson, Adams, Reidel, Graber, etc. (4), todos los intentos fueron dirigidos a dilucidar la íntima relación existente entre el aparato dentario con las estructuras circundantes.

Pacini (4) publicó sus trabajos sobre cefalometría en una tesis titulada “Radiografías antropométricas del cráneo”, por la cual le fue otorgado “Leonard Research Prize,” premio instituido por la Sociedad Americana de Radiología. Se puede decir que en realidad Pacini fue el que adaptó y modificó técnicas antropométricas existentes en radiografías tomadas sobre cráneos secos y de seres vivientes.

Adams (20) publicó un método en el cual ideó una serie de escalas que permitía mediciones sobre radiografías cefalométricas. Elsasser (10) ideó un instrumento llamado "compensator" que permitía mediciones directas sobre las radiografías cefalométricas. Por otra parte, Thompson (4) fue el primero que utilizó el cefalostato en la clínica odontológica protésica y reparadora.

El perfil facial fue el principal punto de mira en arte, anatomía, antropología y ortodoncia en un intento de fijar objetivos con miras a lograr el tan deseado tipo normofacial. Así Camper fue primero en relacionar estructuras faciales a la cabeza; registró la relación angular de un plano que va del meato auditivo externo a la espina nasal anterior (plano de Camper) con el

plano tangente a la frente y la cara. Luego Flower ideó un índice que lleva su nombre y que fue determinado por la distancia: Basión, Prosthion y Básion Nasión (1,12,24). En el congreso antropológico llevado a cabo en la ciudad de Frankfort en el año 1884, se acepta el plano horizontal de Frankfort orientado por el punto porion y el infra orbitario, que con el plano facial que pasa por al nasión y prosthion, formándose el ángulo del perfil facial, (NP) que Wilder llamó "El equivalente moderno del ángulo facial de Camper" (4).

El progreso en el campo de las mediciones antropológicas permitió su utilización en la práctica ortodóntica para determinar la posición relativa de los maxilares con respecto al cráneo. Adams tomaba la distancia entre puntos antropológicos del perfil y el basion y de aquellos entre sí, procurando representar estas relaciones mediante diagramas de perfil. Oppeheim utilizó este recurso en sus estudios en cráneos poseedores de anomalías de oclusión. Comparando estos diagramas de perfil normal con los anormales puede observar las transformaciones patológicas (15,3,10).

La parte más importante de su diagnóstico estaba dado por este último plano orbitario, que según el autor pasaba por la cúspide del canino superior independientemente de la edad y basaba su teoría en los trabajos de Herzog quien examinando cien niños con edades oscilantes entre los cinco y catorce años; y treinta y siete adultos, había encontrado un 9,4% de coincidencia en la posición de dicho plano. Las afirmaciones de Simon fueron definitivamente desaprobadas por Broadbent, después de un estudio de 75 cráneos de individuos de raza blanca con correcta oclusión, pues en su investigación encontró que en el 91% de los casos, el plano orbital pasa por distal del canino. Por su parte Hellman examinando una serie de cráneos de indios americanos, descubrió una tendencia general a ubicar el plano orbital en una relación más posterior, así que la cara se desarrolla desde una temprana edad a la edad adulta (20).

2.3.2 Técnica radiológica de la Cefalometría o Radiografía lateral de Cráneo

Es efectuada con cefalostato, cuya característica principal es la utilización de una distancia foco – objeto muy grande, que implica una escasa magnificación de la imagen, lo que la hace una proyección ideal para efectuar mediciones y por lo tanto de gran aplicación en ortodoncia y cirugía ortognática. Por otro lado, la utilización de un cefalostato para la colocación de la

cabeza de paciente proporciona otra gran ventaja, ser una técnica muy estandarizada y por lo tanto muy reproducible en la misma posición. La telerradiografía lateral de cráneo permite visualizar una serie de estructuras óseas y una serie muy extensa de puntos cefalométricos de gran interés en el diagnóstico ortodóntico. Gracias a la utilización de dispositivos especiales también se observa el perfil blando. Entre las variantes de la técnica radiográfica lateral, se encuentran las técnicas laterales localizadas en los huesos propios de la nariz, las técnicas laterales para visualización de la articulación temporomandibular o las técnicas laterales desafiladas para observar la mandíbula, hoy desplazadas por la radiografía panorámica (20).

2.3.3 Radiógrafo “ROTOGRAPH EVO D (Modelo de Radiógrafo utilizado en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala). (21)

Desde el primer modelo introducido en 1974, el nombre Rotograph siempre ha sido sinónimo de radiografía panorámica. Rotograph Evo lleva la experiencia de cinco décadas de dedicación a la formación de imágenes de diagnóstico por rayos X al siguiente nivel.

2.3.3.1 La exactitud diagnóstica (21).

El generador de 200 kHz de alta frecuencia proporciona la emisión de rayos X precisa y eficiente y produce excelentes imágenes con la corriente del tubo bajo que los productos de la generación anterior, lo que minimiza la dosis del paciente. Sombras producidas por la columna vertebral se reducen en una modulación efectiva del valor kV durante la rotación del conjunto de cabeza. El resultado es una imagen más uniforme en el área de los incisivos y un aumento constante de las imágenes panorámicas, que se traduce en una representación geométrica precisa de las estructuras anatómicas. Además, el colimador correcto se ajusta automáticamente para cada examen, sin ninguna intervención manual por parte del operador.

2.3.3.2 El poder de la tecnología digital (21).

La alta sensibilidad del detector digital Cs-I hace que para una dosis de rayos X reducido y en caso de ajustes de exposición equivocadas, la imagen digital permite extraer información útil sin tomas. Rotograph Evo D ya es compatible con las normas existentes para el seguimiento dosis del paciente. La lectura de la dosis se calcula para cada exposición y se almacena con la imagen sin necesidad de complemento en DAP dispositivos de medición.

Rotograph Evo D viene incluido con el paquete de software Dental Studio que ofrece todas las herramientas de procesamiento de imágenes necesarias para su actividad profesional. funcionalidades DICOM (opcional) también se pueden añadir para la integración en redes de hospitales.

2.3.3.3 Imagen Digital Cefalométrica (21).

Rotograph Evo viene con dos posibles configuraciones: una sola unidad de detección, que se pueden mover de Panorámica a la posición cefalométrica con una operación simple y rápida, o una unidad de detector dual.

Un total de ocho programas cefalométricos digitales da la flexibilidad que se necesita para todos los pacientes, con la mejor combinación de área de imagen, velocidad de adquisición y resolución. El cefalostato proporciona una alineación simple y suave paciente para todas las proyecciones, incluyendo laterales, frontales y posteroanterior. (Figura No. 2)



Figura No. 2. A. Radiógrafo Rotograph EVO D ubicado en el primer nivel del Edificio M3, Ciudad Universitaria. B. Posición del paciente al tomar radiografía cefalométrica (FUENTE: Fotografía propia, tomada con la autorización de la Srita. Josselyn Muñoz, encargada de sucursal DISA en edificio M3, Ciudad Universitaria).

2.3.4 Dosis de Radiación (25,26).

La dosis de radiación es una medida de la cantidad de energía absorbida por algo o alguien cuando se expone a los rayos X. Hay dos *maneras comúnmente empleadas* de referirse a la dosis de radiación en los exámenes radiológicos dentales: la dosis en la piel de la superficie del paciente y la dosis efectiva. La dosis estimada en la superficie de la piel es más fácil de

determinar y es lo que utilizan las autoridades reguladoras nacionales para evaluar los equipos de rayos X. La dosis efectiva es más complicada de calcular, pero su valor está relacionado directamente con los riesgos de la radiación.

La unidad de medida de radiación en aire en la superficie de entrada es el gray (Gy), aunque en radiología dental los niveles de medida de radiación en el aire son generalmente una pequeña fracción de un gray (miligray, mGy, o incluso microgray, μ Gy). **La unidad de dosis efectiva** es el sievert (Sv). En la radiología dental las dosis efectivas son de fracciones de sievert (milisievert, mSv, o incluso microsievert, μ Sv).

A continuación, se dan valores medios de diversos estudios de medición de dosis de radiación:

- Radiografía intraoral: unidad de medida de radiación en aire en la superficie de entrada de 1 - 8 mGy;
- Radiografía panorámica: producto unidad de medida de radiación en aire x área de unos 100 mGy.cm²;
- Radiografía cefalométrica: unidad de medida de radiación en aire en la superficie de entrada de 0.25-7 mGy.

Las dosis efectivas son las siguientes:

- Radiografía intraoral: 1 - 8 μ Sv;
- Radiografía panorámica: 4 - 30 μ Sv;
- Radiografía cefalométrica: 2 - 3 μ Sv,
- CBCT (Tomografía computarizada Cone Beam): 34 - 652 μ Sv, (para CBTC dentoalveolar de pequeño volumen) y 30-1079 μ Sv (para CBTC craneofacial de gran volumen).

Por lo tanto, las dosis de los exámenes radiológicos dentales intraorales y cefalométricos son más bajas, por lo general inferiores a la correspondiente a la radiación natural de fondo de un día. Las dosis en las radiografías panorámicas varían más, pero incluso los valores más altos no superan a la exposición correspondiente a unos pocos días de radiación natural de fondo, que es similar a la dosis de una radiografía de tórax. Los niveles de dosis en la CBCT cubren un amplio rango, pero las dosis efectivas pueden ser de decenas o incluso de cientos de μ Sv más altas que en las técnicas radiográficas convencionales, dependiendo de la modalidad. Sin

embargo, debido al rápido avance de la tecnología de CBTC es muy probable que varíen los intervalos de dosis típicos.

DOSIS DE RADIACIÓN MÁXIMA (25,26).

PERSONAS	DOSIS EFECTIVA	DOSIS EQUIVALENTE	
		Cristalino	Piel/ extremidades
Trabajador externo	50mSv/año 100mSv en 5años	150mSv/año	500mSv/año
Personal en formación	6mSv/año	50mSv/año	150mSv/año
Embarazadas	1 mSv durante el embarazo		
Público y trabajador no expuesto	1mSv/año	15mSv/año	50mSv/año

Tabla de Dosis de Radiación Máxima

2.4 Imagen 3D en Ortodoncia

2.4.1 Introducción

La imagen en 3 dimensiones se ha popularizado en las últimas 2 décadas y ha tenido aplicaciones en ortodoncia, así como en cirugía oral y maxilofacial. La imagen 3D en medicina es una recolección a través de un equipo de imágenes anatómicas procesadas en una computadora sobre un monitor 2D dando la ilusión de profundidad. La percepción de profundidad permite visualizar la imagen en 3D.

Las aplicaciones de imagen 3D en ortodoncia incluyen la evaluación pre y post ortodóntica de relaciones dentoesqueletales y estéticas faciales, los cambios generados en tejidos blandos, planificación del tratamiento y predicciones en 3D de tejidos duros y blandos (simulación). Fabricación en 3 dimensiones de arcos, el archivado facial en 3D, archivos dentales y esqueléticos para la planificación del tratamiento, investigaciones y propuestas medicolegales que serán de beneficio para la realización de modelos ortodónticos en 3D (15).

Los programas de computadora han venido desarrollando una colección de imagen 3D coordinada directamente a radiografías cefalométricas digitales, eliminando la necesidad del trazado a mano. La estereofotometría ha evolucionado de técnicas fotométricas antiguas para proveer una mejor compresión y precisión en la evaluación del sujeto capturado. Ésta técnica es utilizada para visualizar más convenientemente las partes en una visión 3D.

Con los grandes avances en tecnología computarizada, una nueva generación de técnicas de estereofotometría han logrado la realización de capturas y análisis de procedimientos de forma rápida, simple y más precisa (20).

El primer escáner comercial de tomografía computarizada apareció en 1972. Seguidamente aparecen una serie de imágenes CT (tomografía computarizada) seccionales que podrían ser utilizadas para generar información en 3D. Al principio de los años 80, investigadores inician investigaciones de deformidades craneofaciales con imágenes en 3D (20).

La primera simulación de software fue para el desarrollo de una cirugía craneofacial en 1968. Inmediatamente después el primer libro sobre imágenes en 3D en medicina apareció con una recopilación sobre los principios y aplicaciones de 3D CT y MRI basado en imágenes. Las imágenes en 3D se han introducido en nuestra disciplina, relacionando varias formas de visualización, manipulación y análisis de estructuras médicas multidimensionales (12).

2.4.2 Conceptos generales de 3D

Antes de explorar las diferentes técnicas disponibles, es necesario entender algunos de los principios y terminología en imágenes 3D. En 2D fotografías o radiografías, hay 2 ejes (el eje vertical y el eje horizontal), mientras el sistema de coordenadas cartesianas en imágenes 3D consisten en x- eje. (o dimensión transversa), y- eje (o dimensión vertical) y el z- eje (la dimensión anteroposterior o eje profundo). El eje x – y –z se definen como un espacio en el que los datos multidimensionales están representados y este espacio es llamado espacio 3D.³⁹ Los modelos 3D se generan en varios pasos. El primer paso, es el modelado, usa matemáticas para describir las propiedades físicas de un objeto. El objeto modelado puede verse como un alambre o malla poligonal. La malla es usualmente hecha de triángulos o polígonos y esto es usado a modo de visualización. Una parte del proceso de modelamiento es agregar una superficie del objeto capas de pixeles y esto es llamado imagen o mapeo de textura. El segundo paso es agregar sombreado e iluminado, que dará más realismo al objeto en 3D. El paso final es llamado reproducción, en el cual la computadora convierte los datos anatómicos del paciente en un objeto real visualizado en 3D (12).

Udapa y Herman (20) clasificaron las imágenes en 3D en 3 categorías:

- Imágenes seriadas, un set de CT axial de imágenes producidas por la reconstrucción de imágenes 2D
- Proyección de imágenes, a través del escaneo láser de la superficie para producir lo que es considerado como 2.5D al visualizarlas.
- Imágenes volumétricas, técnicas holográficas.

Proyección de imágenes es el enfoque de imágenes 3D más popular, pero no provee un modo verdadero de visualización en 3D similar al ofrecido por imágenes volumétricas.

Para la medición de objetos escaneados en 3D, hay dos estrategias geométricas: la medición ortogonal y la medición por triangulación. La medición ortogonal significa el corte del objeto en dos capas. Los ejes x-y son medidos directamente sobre la capa superficial, y la dimensión z es medida por la altura de los números de capas en el área de interés. Un ejemplo de este método es el escáner CT ordinario (27).

La medición por triangulación es análoga a la geometría del estereoscopio mamario. Simplemente, dos imágenes del objeto necesitan ser capturadas de dos diferentes vistas simultáneamente o en sucesión rápida. La estereofotometría depende de la medición de este método, así como de sistemas de rayos X biplanares o coplanares.

2.5 Pruebas diagnósticas de Imagen 3D que usan radiación

2.5.1 TAC (Tomografía asistida por computadora)

La tomografía axial computarizada (TAC), tomografía computarizada (TC) o simplemente escáner es una técnica de imagen médica que utiliza radiación X para obtener cortes o secciones de objetos anatómicos con fines diagnósticos.

El aparato de TC emite un haz colimado de rayos X que incide sobre el objeto que se estudia. La radiación que no ha sido absorbida por el objeto es recogida por los detectores. Luego el emisor del haz, que tenía una orientación determinada (por ejemplo, estrictamente vertical a 90°) cambia su orientación (por ejemplo, haz oblicuo a 95°). Este espectro también es recogido por los detectores. El ordenador 'suma' las imágenes, promediándolas. Nuevamente, el emisor cambia su orientación (según el ejemplo, unos 100° de inclinación). Los detectores recogen este nuevo espectro, lo 'suman' a los anteriores y 'promedian' los datos. Esto se repite

hasta que el tubo de rayos y los detectores han dado una vuelta completa, momento en el que se dispone de una imagen tomográfica definitiva y fiable.

Una vez que ha sido reconstruido el primer corte, la mesa donde el objeto reposa avanza (o retrocede) una unidad de medida (hasta menos de un milímetro) y el ciclo vuelve a empezar. Así se obtiene un segundo corte (es decir, una segunda imagen tomográfica) que corresponde a un plano situado a una unidad de medida del corte anterior.

A partir de todas esas imágenes transversales (axiales) un computador reconstruye una imagen bidimensional que permite ver secciones de la pierna (o el objeto de estudio) desde cualquier ángulo. Los equipos modernos permiten incluso hacer reconstrucciones tridimensionales. Estas reconstrucciones son muy útiles en determinadas circunstancias, pero no se emplean en todos los estudios, como podría parecer. Esto es así debido a que el manejo de imágenes tridimensionales no deja de tener sus inconvenientes.

Entre las desventajas que representa esta técnica en su aplicación en odontología se encuentran:

- El paciente es expuesto a altas dosis de radiación ionizante. La dosis efectiva de radiación y la dosis de radiación absorbida a partir de este procedimiento es diferente según la máquina, y la parte del cuerpo escaneada, y varía en algunas máquinas probadas de aproximadamente 1 a 10 mSv, y desde aproximadamente 10 a 140 mGy para un solo análisis.
- Resolución limitada de tejidos blandos faciales debido al corto espaciamiento.
- La posibilidad de crear artefactos por objetos metálicos en boca (13).

En general, el diagnóstico por imágenes por TC no se recomienda para las mujeres embarazadas, salvo que sea médicamente necesario, debido al riesgo potencial para el bebé. Las madres en período de lactancia deben esperar 24 horas después de que hayan recibido la inyección intravenosa del material de contraste antes de poder volver a amamantar.

2.5.2 Cefalometría 3D

A pesar de los inconvenientes en el estudio de cefalometría 3D con el más avanzado arsenal, consumen mucho tiempo, expone al paciente a radiación, no define con claridad los tejidos blandos y hay dificultades en definir los puntos de referencia en dos radiografías, especialmente en la técnica biplanar.

2.5.3 Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT)

Utiliza una tecnología innovadora en la adquisición de imagen – el haz cónico de Rayos X. Este permite que la imagen sea adquirida como un volumen y no como un plano, como ocurre en la tomografía computarizada médica. Así pues, al contrario de la tomografía computarizada tradicional, que necesita de tantas vueltas cuanto fuesen las espesuras del corte y tamaño de la estructura, resultando la mayor exposición del paciente a la radiación.

Al termino del examen, esa secuencia de imágenes base es reconstruida para generar la imagen volumétrica en 3D, por medio de un software específico o un sofisticado programa de algoritmos, instalado en un computador convencional acoplado al tomógrafo. El tiempo de examen puede variar de 10 a 60 segundos (una vuelta completa del sistema), pero el tiempo efectivo de exposición a los Rayos X es menor, variando de 3 a 6 segundos.

Una gran ventaja de la tomografía computarizada odontológica es que los programas que ejecutan la reconstrucción computarizada de las imágenes pueden ser instalados en computadoras convencionales. Las imágenes de interés pueden ser impresas, grabadas y almacenadas, como parte de la documentación. Otra de las ventajas que ofrece la “Cone Beam Computed Tomography” (CBCT) es que los artefactos producidos por restauraciones metálicas son menos significativos que en la tomografía convencional.

La dosis de radiación efectiva de la tomografía computarizada odontológica varía de acuerdo con la marca comercial del equipo y con las especificaciones técnicas seleccionadas durante la toma (campo de visión, tiempo de exposición, mili-amperaje y kilovoltaje). Sin embargo, de un modo general, se muestra significativamente reducida en comparación a la tomografía computarizada tradicional. En comparación a las radiografías convencionales, la dosis de

radiación de la “Cone Beam Computed Tomography” (CBCT) se presenta similar al del examen periapical de toda la boca o equivale aproximadamente 4 a 15 veces la dosis de una radiografía panorámica.

2.6 Pruebas diagnósticas de Imagen 3D que no usan radiación

2.6.1 Técnicas de luz estructurada

En la técnica de luz estructurada, la escena es iluminada por un patrón de luz y solo una imagen es utilizada. (comparado con dos imágenes con estereofotometría). La posición de los puntos iluminados en la captura de la imagen comparados con su posición sobre la proyección de luz provee la información necesaria para extraer las coordenadas 3D en el objeto imaginado. Se obtienen modelos de alta densidad, la cara necesita ser iluminada varias veces con patrones variantes de luz. Esto incrementa el tiempo de captura, incrementando la posibilidad de los movimientos de la cabeza. Adicionalmente, el uso de una cámara no provee un modelo facial de 180° (de oreja a oreja), el cual se necesita del uso de varias cámaras o rotación subsecuente alrededor de los ejes de rotación, lo cual no es práctico y como resultado reduce la aplicación de esta técnica (28).

Techalertpaisan y Kuroda (19) utilizaron dos proyectores LCD, cámaras con dispositivos de carga acoplada (CCD) y una computadora para producir imágenes en 3D de la cara que pueden ser editadas y rotadas o volteadas fácilmente en cualquier dirección.

Este sistema necesita al menos dos segundos para capturar una imagen, lo cual se vuelve un tiempo muy largo para evitar el movimiento involuntario de la cabeza, especialmente con niños.

Otra variante de esta técnica fue reportada por Curry et al. (4), su sistema consiste en dos cámaras y un proyector. Un patrón de luz codificado a color es proyectado la cara antes de adquirir la imagen. El desplazamiento del patrón permite al software de computadora un modelo 3D preciso. Otra imagen se adquiere sin el acompañamiento de ningún patrón de luz, que se utilizará para la representación de texturas. Se necesitan 3 adquisiciones (una frontal y 2 oblicuas) para cubrir toda la cara. Luego los 3 estereotipos son unidos utilizando un software específico. Los mapas faciales en 3D están integrados con otros más esqueléticos y dentales en 3D.

5.6.2 Estereofotometría

Refiere al caso especial donde dos cámaras, configuradas a un estereoscopio, son utilizadas para recorrer distancias 3D de características de la superficie de la cara por medio de triangulación.

La técnica puede ser aplicada clínicamente utilizando una cámara portátil estereométrica ópticamente similar a un instrumento de medición. La incorporación de la reciente tecnología en computadora en el campo de la estereofotometría ha dado la habilidad de procesar complejos algoritmos en orden para convertir simples fotografías a mediciones tridimensionales de cambios faciales (13).

Ras et al. (6), ha demostrado un sistema de estereofotometría que da las coordenadas tridimensionales de cualquier punto de referencia facial elegido, las mediciones lineales o angulares pueden ser calculadas para detectar cualquier cambio en la morfología facial. Este sistema consiste en dos cámaras semi métricas sincronizadas montadas sobre un marco con una distancia de 50cm., entre ellas, posicionadas convergentemente con un ángulo de 15°.

El sistema de imagen C3D ha sido desarrollado como el resultado de la colaboración entre la universidad de Glasgow y el Instituto Turing. C3D está basado en el uso de cámaras digitales estéreo con iluminación texturizada especial, con una captura de 50 milisegundos y con un costo razonable para poder ser utilizado diariamente en la clínica. C3D captura la apariencia natural de la superficie de la piel y de los pliegues de la textura de la piel sobre un modelo tridimensional de la cara. Así que, C3D ofrece al clínico modelos reales tridimensionales de la cabeza de los pacientes que pueden ser rotados, agrandados y medidos en tres dimensiones para requerimientos diagnósticos, planificación en el tratamiento y análisis quirúrgicos. El sistema ha sido validado con una exactitud reportada de 0.5mm. Una descripción del sistema y una publicación teórica de cómo se basa su técnica ha sido publicada por el Departamento de Ciencia de la Universidad de Glasgow.

2.6.3 3D Morfometría Facial (3DMF)

A pesar de que este no es un sistema de imagen verdadero, se emplean dos CCD cámaras para la captura del sujeto, en tiempo real el hardware reconoce los marcadores y un software para la reconstrucción 3D de puntos de referencia, x,y,z, coordina relativamente la referencia del sistema. Los puntos de referencia son localizados en la cara y luego convertidos con 2mm

a marcadores hemisféricos reflectivos. Un estroboscopio infrarrojo es utilizado para iluminar los marcadores reflectivos. Dos lados para capturar la cara completa son necesarios.

La colocación de los puntos de referencia en la cara lleva consumo de tiempo y esfuerzo. La reproducibilidad de la identificación de los puntos de referencia es cuestionable. El cambio de la expresión facial entre las dos sesiones para la toma de las imágenes incrementa la magnitud del error. Puede que no se produzcan modelos ideales y naturales de la apariencia de tejidos blandos de la cara. Como resultado este sistema no puede ser utilizado para la planificación del tratamiento en 3D de ortodoncia o cirugía ortognática (8,29).

2.7 Aplicaciones de la imagen en 3D de la cara (Figura No. 4).

Para el estudio subsecuente de las deformidades, los modelos 3D son válidos para la localización de la fuente de la deformidad y su magnitud. A pesar de que la naturaleza de las deformidades faciales de los pacientes es usualmente representada en 3D, el diagnóstico de estas deformidades ha sido dado principalmente por el uso de fotografías o radiografías en 2D. Los modelos tridimensionales pueden ser manipulados en cualquier dirección, lo que da una información considerable para el ortodoncista y sin la necesidad de recuperación del paciente o ser restringido durante el momento de la evaluación clínica.

La evaluación puede facilitarse por la comparación visual de los modelos de ambos lados pre y post tratamiento (12,13,30).

Para la evaluación objetiva de la morfología y cambios faciales durante intervenciones de ortodoncia o quirúrgicas, diferentes métodos y análisis han sido propuestos. Escáner CT ha sido utilizado para evaluar los resultados quirúrgicos de tejidos duros y blandos en una cirugía ortognática. El escáner de laser óptico ha sido utilizado para evaluar los cambios de en tejidos duros seguidos de un tratamiento funcional, de la extracción o no extracción en un tratamiento ortodóntico, de una cirugía ortognática y en pacientes con labio y paladar hendido. La estereofotometría ha sido utilizada para evaluar el resultado de tratamientos con bloque de mordida y en combinación de correcciones orto-quirúrgicas de pacientes clase II o clase III (9,18,12).

Los resultados de los cambios faciales han sido reportados en diferentes formas. Puntos de referencia, desplazamientos, distancias entre los puntos de referencia y ángulos, mapas milimétricos y cambios volumétricos han sido descritos (Figura No. 3). La variedad de métodos usados son indicativos de la riqueza de información que tienen las imágenes 3D, así como se ve reflejada la necesidad de estandarizar los métodos de evaluación de la evidencia obtenida de diferentes grupos de estudio (13,31,6).

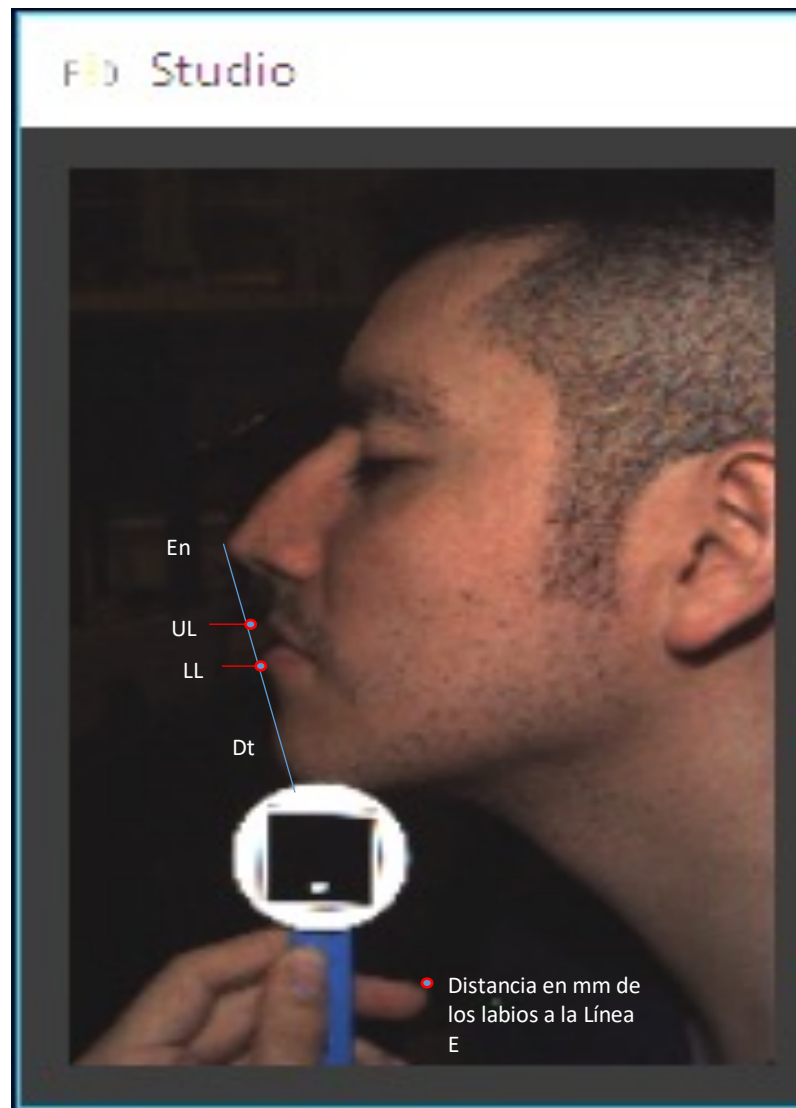


Figura No. 3. Puntos Anatómicos para análisis labial, tomada con el escáner Scanify 3D (FUENTE: Imagen propia tomada al Dr. David Rivas y autorizada para su utilización, modificada en programa Power Point)

2.8 Aplicación de imágenes 3D en los dientes

2.8.1 Escáner Láser 3D (12).

El escáner láser intraoral puede dificultar la posibilidad de movimiento por parte del paciente durante el escaneo, en adición a cuestiones de seguridad relacionadas con el láser. El escaneo láser en estudios en gatos tiene muchas ventajas sobre otras técnicas de escaneo, a pesar del largo tiempo de aplicación. Obviamente el tiempo de exposición no es un problema en este tipo de imagen. El problema de la captura de la morfología de un modelo de estudio se relaciona con la presencia de muchas áreas de menor relevancia, no as su textura. Esto puede ser resuelto por la captura del modelo de estudio a través de diferentes ángulos, lo cual permite la producción de un modelo a 360° con una alta exactitud. Este modelo puede ser almacenado en un computador, a través de programas específicos. La resolución del modelo dependerá del programa a utilizar. Existen diferentes formatos de archivo para imágenes 3D como VRML (Virtual Reality Modelling Language), el STL para formatos estereolitográficos y el DXF que es el formato utilizado por el programa AUTOCAD.

2.8.2 Escáner 3D CT

Es otra opción, pero posee un costo limitado para el uso diario en la clínica. Una validación del proceso es requerido el estimador de error, desde el estudio de una piedra artificial que es más radiodensa que el hueso.

2.8.3 Estereofotometría (12).

A pesar de que ésta técnica ha sido aprobada para la evaluación de imágenes en caras humanas, no es recomendable para la captura de modelos de estudio. Ayoub et al., discutieron la posibilidad de emplear esta técnica para archivar modelos de estudio en la práctica ortodóntica y propusieron una configuración específica al sistema para lograr una alta calidad en los modelos con una exactitud estimada de 0.2mm.

2.9 Estereofotometría digital en 3D: una guía práctica para la adquisición de imágenes faciales (32).

Los métodos que permitan la evaluación objetiva de la forma de la cara se están convirtiendo cada vez más importante para la investigación en dismorfología, la genética, la ortodoncia y disciplinas quirúrgicas entre otros. Tales métodos también tienen el potencial para mejorar el cuidado clínico al facilitar la planificación quirúrgica y mejorar la evaluación de resultados. Sistemas sin contacto de superficies 3D de imágenes están reemplazando rápidamente a sistemas tradicionales de antropometría como el método preferido para la captura de información cuantitativa sobre los tejidos faciales blandos. Estos sistemas ofrecen una serie de ventajas distintas: una invasión mínima, velocidades rápidas de captura (a menudo de menos de un segundo), y la capacidad de archivar las imágenes para su posterior análisis. Además, un número de estudios independientes han demostrado un alto grado de precisión y exactitud en una amplia variedad de plataformas de superficie 3D. La seguridad, la velocidad y la fiabilidad de adquisición de datos que estos sistemas ofrecen son especialmente útil cuando se trabaja con niños pequeños, para los cuales la cuantificación de los rasgos faciales puede ser un reto.

La clase más común de sistema de imágenes 3D de la superficie se basa en la tecnología estéreo-digital. Estos sistemas son capaces de reproducir con precisión la geometría de la superficie de la cara, y mapa de datos de color y textura realistas en la forma geométrica que resulta en una representación realista. Los principios de ingeniería matemáticos y ópticos que participan en la creación de imágenes de la superficie 3D fotogramétrico se han descrito a fondo. La combinación de la rápida velocidad de adquisición y la cobertura de la superficie ampliada (hasta 360 grados) ofrecen ventajas sobre las técnicas de imagen superficial más antiguos, como el escaneo láser.

Con la disminución de costos, sistemas estereofotométricos 3D se están volviendo cada vez más comunes investigación y ajustes clínicos. Con cualquier nueva tecnología, una serie de factores deben ser considerados con el fin de lograr un rendimiento óptimo. Aunque los fabricantes de cámaras proporcionan sugerencias para la configuración de dispositivos y

calibración, información limitada sobre las cuestiones prácticas que inevitablemente se enfrentarán a nuevos usuarios de esta tecnología. Sin embargo, estos problemas pueden afectar negativamente a la fiabilidad de esa información, y por lo tanto, influir en los resultados de los estudios clínicos y de investigación. Con el fin de garantizar una interpretación óptima de los resultados del estudio, todos los aspectos de la recolección de datos se deben evaluar rigurosamente.

2.10 Escáner Tridimensional Scanify (Figura No. 4) (33).

Fuel3D es el desarrollador de SCANIFY, un escáner 3D portátil asequible que proporciona de forma rápida capturas con alta resolución y color para un gran rango de aplicaciones 3D tales como impresión 3D, arte, animación gráfica o videojuegos. La capacidad que tiene SCANIFY para capturar modelos 3D de partes del cuerpo a color es ideal para crear todo tipo de diseños personalizados. SCANIFY es el primer escáner 3D que combina cámaras en estéreo precalibradas con tecnología fotométrica para capturar y procesar objetos 3D en segundos.

SCANIFY captura imágenes 3D en un instante, tomando sólo 0,1 segundos para dar un solo escaneado desde un único punto de vista. SCANIFY tiene un foco fijo y captura un máximo tamaño de aproximadamente 40 cm / 16 "diagonal en una sola exploración, aproximadamente del tamaño de una hoja de papel de tamaño carta / A4. La adquisición de un modelo 3D más grande requiere varios ciclos antes poder unir todas las capturas.

La distancia de imagen ideal es alrededor de 450 mm / 18 ", pero el alcance de funcionamiento del escáner es de alrededor 350 mm / 14" - 450 mm / 18 ".

La resolución de salida final de SCANIFY varía con la distancia del equipo al sujeto. El escáner es capaz de una resolución de aproximadamente 350 micras. Aproximadamente 375.000 y 750.000 polígonos vértices son capturados en una superficie en una sola imagen de la exploración.

El software de SCANIFY incorpora algoritmos propios para combinar los datos de las fotografías fotométricas y sistemas de imágenes 3D geométricas para producir un único modelo en 3D que sea exacta y tiene una alta resolución de los detalles de la superficie. En esencia, la de alta precisión, de baja resolución de los datos 3D geométrica se utiliza como un esqueleto sobre el que se superpone los datos de resolución fotométrica 3D superior. Las imágenes 3D resultantes consisten en un gran número (varios cientos de miles) de las muestras, cada una con coordenadas XYZ (lugar de la superficie en milímetros) y las propiedades del material (color) en RGB de 8 bits.



Figura No. 4. Presentación comercial Escáner Scanify (FUENTE: fotografía propia, tomada directamente al escáner a utilizar en el estudio)

2.10.1 El entorno de la imagen (32)

2.10.1.1 Ubicación y colocación (Figura No. 5 y 6)

Cuando se escoge la ubicación de un sistema fotométrico 3D, la consideración más esencial es el espacio.

Los requisitos mínimos del espacio para un sistema dado deben tomar en cuenta los principales componentes del dispositivo, que incluyen típicamente el hardware de imagen, un trípode u otro sistema de montaje, un ordenador, un carro o una mesa para el ordenador y un asiento para el sujeto. El espacio debe ser adecuado para acomodar: la huella física del

sistema de formación de imágenes montado, el ordenador que controla el sistema de formación de imágenes, el sujeto y asientos requeridos, y las vías para que el operador pueda moverse cómodamente durante el proceso de captura.

A pesar de las preocupaciones prácticas a menudo se registrará por la colocación, factores como la disponibilidad de una fuente de energía confiable, acceso a Internet y / o puertos de red, y el flujo de tráfico a pie a través del espacio (sobre todo si el sistema se encuentra en un espacio público) debe ser considerado. También es útil para que el operador pueda ver la pantalla del ordenador durante el proceso de captura.

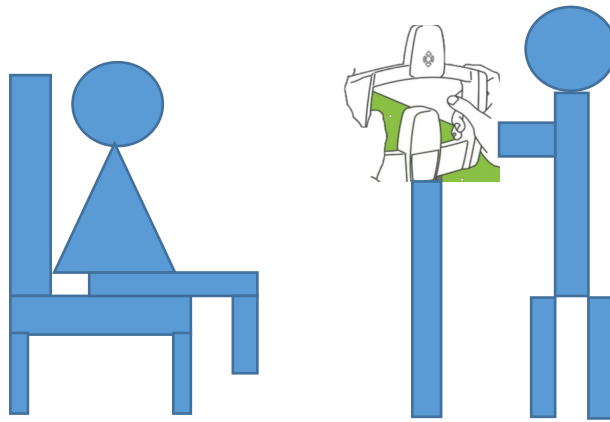


Figura No. 5. Posición de Operador y paciente para la toma de imagen Fotométrica.
(Fuente: Elaboración propia en programa Power Point)

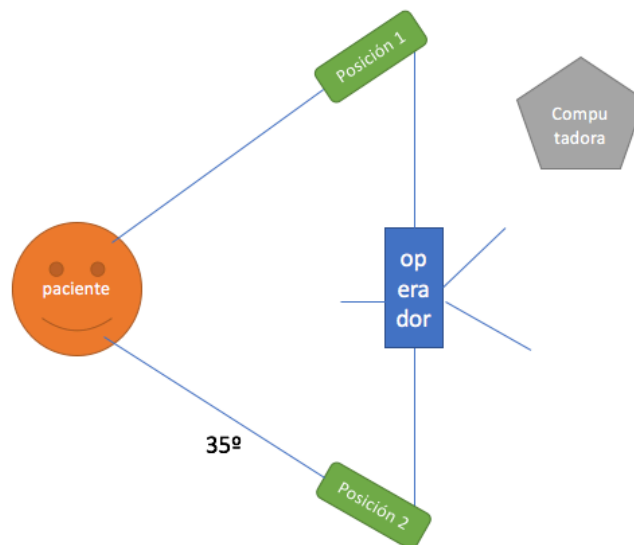


Figura No. 6. Diagrama para la ubicación adecuada de operador y paciente. El paciente se debe de colocar en un vector a 35° de la posición secundaria del operador, la computadora para visualizar la imagen debe estar cercana y la derecha del operador.

(Fuente: Elaboración propia en programa Power Point.)

2.10.1.2 Iluminación del ambiente

Los diferentes sistemas de fotometría 3D tienen diferentes requisitos de iluminación ambientales, pero las condiciones de iluminación de oficinas (por ejemplo, fluorescentes del techo) son generalmente adecuados.

La influencia adversa de la iluminación normalmente se produce inmediatamente anterior a la captura 3D, cuando las cámaras muestren vídeo en tiempo real que permite al operador ajustar la posición del sujeto para la cobertura óptima. Si la luz ambiental es demasiado brillante u oscuro, puede abrumar a los sensores de la cámara durante esta fase. Durante la captura de imágenes, la mayoría de los sistemas son bastante versátiles para una amplia gama de condiciones de luz ambiental debido a que emplean sus propios mecanismos de flash interna (o externa). Sin embargo, la luz excesiva puede interferir con las unidades de flash del sistema. Esto puede ocurrir cuando el sistema está configurado adyacente a una gran ventana con luz solar directa. Si el sistema no puede ser reubicado, persianas ajustables o las cortinas se pueden minimizar los efectos de la luz solar (32,34).

2.10.1.3 Opciones de instalación

La instalación permanente puede ser una opción para algunos sistemas 3D. Las ventajas de la instalación permanente incluyen: reducción del desgaste y desgarre en el equipo, una mayor coherencia en la recopilación de datos y la calidad y ahorro de tiempo. Si el sistema requiriera la movilización es necesario la protección y cuidado del mismo (32).

2.10.1.4 Opciones de asiento

Una variedad de opciones de asientos funciona adecuadamente para la mayoría de entornos de imágenes de superficie 3D. Dos criterios a considerar incluyen: 1. la capacidad de ajustar la altura vertical del asiento para dar cabida a los sujetos de distintas alturas y 2. apoyo para la espalda para mantener a los sujetos en la postura correcta. Para los investigadores que utilizan un sistema de visión de 360 grados, es importante asegurarse de que la altura del respaldo de la silla no interfiere con la adquisición de imágenes. Para sistemas en los que el sujeto debe ubicarse para encajar dentro de una ventana de imagen estrecha, las ruedas facilitan la movilidad multidireccional en la mayoría de superficies. (32).

2.10.1.5 Precauciones de seguridad y protección

El entorno de imagen 3D presenta algunos obstáculos físicos a los sujetos y los operadores. Los cables conectan los componentes de imagen, en particular los cables que atraviesan las zonas de tránsito peatonal, deben estar cubiertos. Pegar los cables en el suelo impide la desconexión. El trípode, en donde se coloca la cámara, también pueden suponer un peligro de tropiezo. La asignación de espacio suficiente para proporcionar una ruta sin obstáculos a través del entorno de imagen es esencial para la seguridad de los participantes y para evitar la necesidad de recalibración si el sistema de cámara se interrumpe (34,11).

2.10.2 Maximización de calidad de imagen

2.10.2.1 La reducción de los artefactos

La mayoría de los sistemas de estereofotometría digitales tienen dificultad de capturar el cabello, que puede resultar en una pérdida sustancial de datos de superficie en la cabeza y la cara. La frente y las orejas son las regiones más vulnerables a la interferencia del cuero cabelludo. Alfileres, broches y ganchos pueden ser eficaces cuando se usan solos o en combinación. Sin embargo, se debe tener cuidado para evitar poner el exceso de tensión en la piel, lo que puede alterar la superficie facial. Poco se puede hacer para mitigar los efectos de vello facial en los hombres (32).

Zonas de superficie en las proximidades de objetos reflectantes (por ejemplo, lentes, aretes, collares) son otra fuente de artefactos de la imagen. Siempre que sea posible, los sujetos deben quitar las gafas y joyas. El maquillaje o el brillo de la piel también puede generar artefactos en las imágenes. Es mejor remover todo tipo de artefacto o artículos que se encuentren en orejas y cuellos para mejorar su captura (32).

2.10.2.2 El logro de una expresión facial "neutral"

Para la mayoría de las aplicaciones, es ideal para los sujetos mantener una expresión facial neutra durante la captura de la imagen. Por lo general es suficiente para instruir a los sujetos a relajar su cara. Además de los signos evidentes de tensión facial (por ejemplo, ceño fruncido) o expresiones emocionales, los operadores deben prestar atención a la boca y los ojos del sujeto. Una boca abierta artificialmente ampliará la altura vertical de la cara y alterará la posición de la mandíbula. Para evitar esto, la boca del sujeto debe estar cerrada durante la captura, con los labios suavemente presionados.

Con la boca cerrada, la posición de la mandíbula en descanso es suficiente en la mayoría de los casos; Sin embargo, algunos estudios pueden requerir que el sujeto mantenga una oclusión dental relajada (32,11).

2.10.2.3 Asegurar una cobertura óptima

Las regiones faciales más importantes para la captura variarán según la pregunta clínica o de investigación específica. La tecnología de imagen es por lo general el factor de limitación en la forma de datos de superficie que se pueda capturar de forma fiable en una imagen, determinado en parte por la distancia física entre las cámaras. Una captura 3D frontal de la cara para obtener datos fiables consiste en posiciones de 160 hasta 180 grados de la cámara para muchos sistemas. Algunos sistemas modulares se pueden ampliar para la cobertura de 360 grados, sin embargo, esto aumenta los requisitos de gastos.

Las regiones subnasal y submentoniano son propensos a la pérdida de datos y a los artefactos. La correcta colocación de la cabeza puede asegurar que estas regiones son visibles para los sensores de imagen. La titulación de la cabeza del sujeto hacia atrás a unos pocos grados es a menudo suficiente para capturar estas regiones. El ajuste vertical puede ser necesario para asegurar que la totalidad de la cara del sujeto está en el marco de imagen. Esto se puede lograr con una silla ajustable y / o un trípode. Si se requiere una evaluación detallada de la región subnasal (por ejemplo, con una evaluación de la forma fosa nasal / asimetría), el operador puede pedir al paciente para extender el cuello y la inclinación de la cabeza hacia atrás para obtener imágenes adicionales (32).

2.10.2.4 Evaluación de los resultados

Los investigadores pueden obtener imágenes de vista previa en el momento de adquisición de la imagen, o pueden obtener imágenes adicionales para minimizar la posibilidad de perder datos durante la adquisición de imagen. Revisión de imágenes 3D para las características clave en el momento de la captura de imágenes requiere el procesamiento de imágenes inmediata, que puede tardar varios minutos. Si los problemas son reconocidos mientras que el participante está presente, entonces las capturas adicionales se pueden adquirir en ese momento.

Puede que no sea factible revisar las imágenes en el momento de la adquisición de imágenes, como por ejemplo cuando se trabaja con grupos grandes. En este caso, los investigadores pueden adquirir varias imágenes para cada participante para maximizar la probabilidad de obtener una cobertura adecuada de los datos y procesar las imágenes más tarde para su posterior evaluación (13,32).

2.11 Superposición tridimensional de la base craneal para la evaluación de los cambios de tejidos blandos (35,24).

Los tejidos blandos establecen el límite en el que el ortodoncista puede alterar las dimensiones de los arcos dentales y la posición de las mandíbulas. La evaluación de los cambios de tejidos blandos producidos por el crecimiento o recursos de tratamiento requiere del análisis tridimensional y la superposición debido a la complejidad de la conducta de los tejidos blandos y la incapacidad para medir las asimetrías en las imágenes de 2 dimensiones (2D). Recientemente, tecnologías tales como estereofotometría y escáner láser 3D de la cara se han utilizado para superposición de los tejidos blandos, pero su principal limitación ha sido la incapacidad para estandarizar el registro de las imágenes en el tiempo. Procedimientos actuales para integrar las imágenes faciales 3D tenían errores significativos en el posicionamiento de la cabeza, y errores potenciales en la expresión facial.

La variabilidad de la apariencia de la superficie de los tejidos blandos tiene consecuencias importantes para la elección de los enfoques para el registro adecuado de imágenes longitudinales. Se requiere una referencia estable para la superposición de imágenes para un registro normalizado de la relación entre los tejidos blandos de la cara y de las estructuras esqueléticas y dentales subyacentes. Actualmente, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) permite el uso de estructuras de referencia estables.

Las estructuras de tejidos blandos no son lo suficientemente estables como para permitir el registro de imágenes entre el pretratamiento y postratamiento, porque los tejidos blandos cambian con el crecimiento, el tratamiento, la postura de cabeza, aumento o pérdida de peso, el envejecimiento y la expresión facial. En la cefalometría 2D, la base del cráneo a menudo se utiliza para superposiciones para mostrar los cambios de tejidos duros y de tejidos blandos, ya que se observan cambios mínimos después de que se complete el crecimiento neuronal. Aunque la ubicación de los puntos de referencia en imágenes 2D se ve obstaculizada por la superposición de estructuras, la localización de puntos de referencia en 3D de estructuras curvas complejas es significativamente más difícil y propenso a errores. A menudo los puntos de referencia han basado los métodos de morfometría aplicados en las últimas dos décadas, el uso de puntos de referencia no es suficiente porque no describen los patrones y formas biológicos. La información de la estructura craneofacial está representada por superficies, curvas y líneas.

Afortunadamente, el registro 3D se puede basar en superficies estables en lugar de puntos de referencia.

Capítulo 3

3.1 Consideraciones Bioéticas

Todo profesional de ciencias de la salud se ve obligado de mantenerse a la vanguardia de la actualización y de la tecnología para poder solventar adecuada y éticamente los problemas que pueda presentar la población humana. No mostrando ninguna diferencia el profesional de la Odontología en todas sus ramas.

Para tal importante función es necesaria la investigación. Por lo que se hace necesario el conocimiento por parte del investigador sobre las consideraciones bioéticas que implica en cada tipo de estudio. Siendo la responsabilidad profesional un conjunto de características que no solo depende del buen ejercicio y atención al paciente, sino de tener todo tipo de consideraciones y respetar los derechos que posean.

Cuando se lleva a cabo una investigación de cualquier tipo en donde será de utilidad documentación, participación y exámenes o evaluaciones a un ser humano se deben tomar en cuenta elementos que comprenden un protocolo básico bioético dentro de sí para guardar los principios de no maleficencia, justicia, autonomía y beneficencia. Siendo estos considerados como pilares fundamentales del presente estudio.

Por tal razón se describe a continuación de forma resumida la manera en la que se consideraron todos estos puntos en el estudio:

“El estudio consistió en dar a conocer si existe alguna diferencia al analizar los cambios producidos en los labios, durante un tratamiento de ortodoncia utilizando radiografías cefalométricas e imágenes en 3D”. Se llevó a cabo con la toma de dos radiografías cefalométricas y dos fotografías en 3D. Como bien se pudo documentar y citar en el marco teórico ninguna de las dos representa un riesgo para la salud del paciente. Por lo que, durante la toma de radiografía, el centro de diagnóstico le brinda protección a cada paciente con una bata de plomo, eliminando cualquier riesgo que la radiación implique. Todo esto fue verificado antes de elegir el centro de diagnóstico a utilizar en el estudio, de igual forma se

verificó que fuese un equipo nuevo y emitiendo la radiación que el fabricante afirma. El estudio implicó la revisión de los expedientes de cada paciente para determinar si cumplieron con los criterios de inclusión, por lo que se hizo ver que toda información personal era de carácter privado y no se remitió en el estudio. Cada paciente fue enumerado e identificado por esa numeración al momento de guardar las fotografías, radiografías y hacer el debido análisis. Todo el proceso fue presentado de forma individual y privada a cada paciente a través de una charla y de un consentimiento informado por escrito, el cual lo llevaron a su casa y lo leyeron detenidamente. En caso del paciente menor de edad, todo lo anterior fue en presencia de sus padres o tutor legal. El paciente no costó económicamente ninguno de los procesos diagnósticos, todo fue realizado durante el tiempo estipulado de clínica en las instalaciones de la escuela de Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por lo que no se requirió de su presencia en otro lugar, ni tampoco de tiempo más allá de su cita mensual de ortodoncia. Luego de exponer toda la información, el paciente se encontró en la libertad de aceptar o rechazar su participación en el estudio. Dándole a conocer que no tenía ninguna implicación en su tratamiento ortodóntico.

3.2 Análisis Estadístico

En el análisis estadístico se utilizó estadística descriptiva y la prueba T de Student para grupos dependientes o relacionados, para evaluar los cambios en las distancias entre los puntos de referencia anatómica (labio superior y labio inferior a la línea E) considerados en el estudio en dos ocasiones distintas (T1: antes de la retracción del segmento anterior y T2: después de la retracción del segmento anterior).

Para el caso las variables aplicadas son de tipo lineal por lo que fueron medidas, reportadas y analizadas en milímetros (mm). Tanto en la medición de la radiografía cefalométrica como en la imagen 3D.

El programa utilizado para realizar el análisis estadístico fue IBM SPSS Statistics Mac (Versión 24.0).

La probabilidad considerada que los resultados fueran al azar fue $p < 0.05$ con un 95% de Intervalo de Confianza sobre la Diferencia entre Medias, valor que se mantuvo en todos los casos entre de los límites superior e inferior definidos para cada medida.

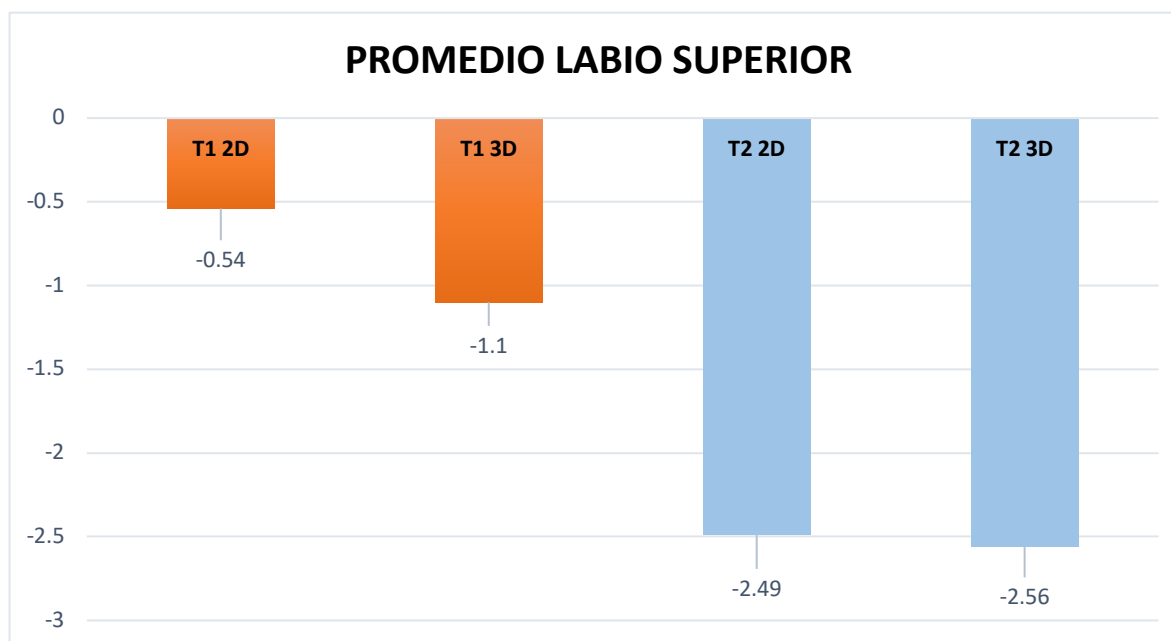
3.3 Resultados

En las siguientes tablas y gráficas se observan los resultados obtenidos en las distintas mediciones de variables en estudio para el Tiempo 1 (T1) y Tiempo 2 (T2) correspondientes a la muestra utilizada en el estudio.

Tabla 1. Promedio obtenido entre la variable “distancia en mm del labio superior a la línea E” en la radiografía Cefalométrica vs imagen 3D antes (T1) y después (T2) de la retracción del segmento anterior.

LABIO SUPERIOR				
MOMENTO DE MEDICIÓN	T1 2D	T1 3D	T2 2D	T2 3D
PROMEDIO	-0.54	-1.1	-2.49	-2.56

Fuente: Datos obtenidos de las mediciones en la radiografía cefalométrica e imagen 3D y analizados en el programa Microsoft Excel 2016.



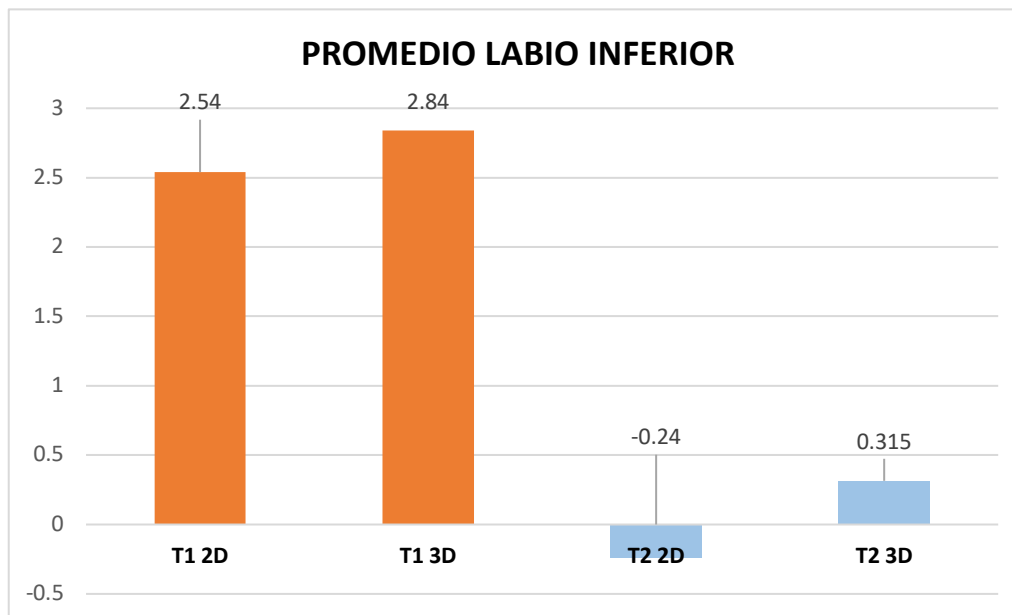
Fuente: Datos obtenidos de las mediciones en la radiografía cefalométrica e imagen 3D y analizados en el programa Microsoft Excel 2016.

Interpretación: el promedio de datos obtenidos en las mediciones de la radiografía 2D vrs. la imagen 3D, tiene una variabilidad de 0.5mm al compararlos de manera inicial y de 0.07mm de forma final. Pero se puede evidenciar que en ambos métodos se demostró la retracción de los labios, coincidiendo con lo observado clínicamente en la muestra.

Tabla 2. Promedio obtenido entre la variable “distancia en mm del labio inferior a la línea E” en la radiografía Cefalométrica vs imagen 3D antes (T1) y después (T2) de la retracción del segmento anterior.

LABIO INFERIOR				
MOMENTO DE MEDICIÓN	T1 2D	T1 3D	T2 2D	T2 3D
PROMEDIO	2.54	2.84	-0.24	0.315

Fuente: Datos obtenidos de las mediciones en la radiografía cefalométrica e imagen 3D y analizados en el programa Microsoft Excel 2016.



Fuente: Datos obtenidos de las mediciones en la radiografía cefalométrica e imagen 3D y analizados en el programa Microsoft Excel 2016.

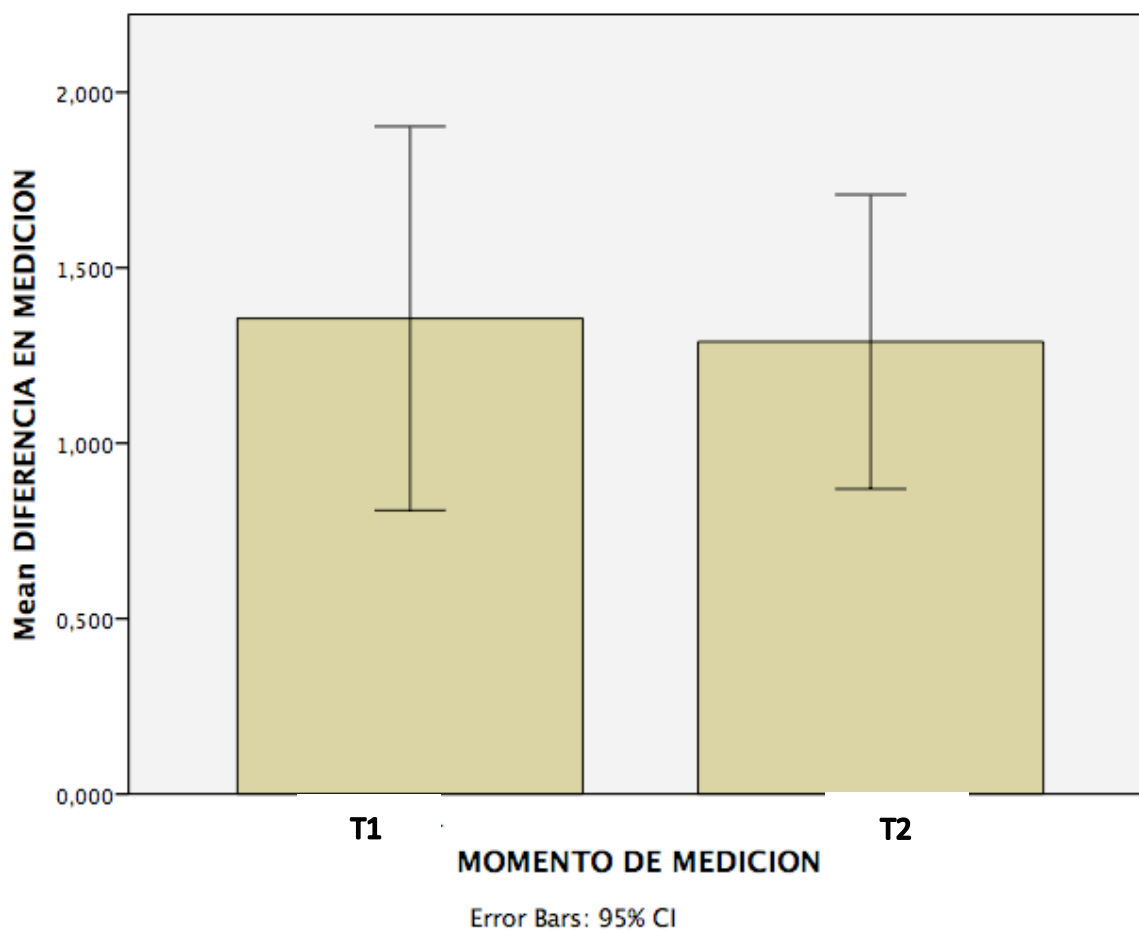
Interpretación: el promedio de datos obtenidos en las mediciones de la radiografía 2D vrs. la imagen 3D, tiene una variabilidad de 0.3mm al compararlos de manera inicial y de 0.5mm de forma final. Pero se puede evidenciar que en ambos métodos se demostró la retracción de los labios, coincidiendo con lo observado clínicamente en la muestra.

Tabla 3. Diferencias obtenidas entre las mediciones de las variables de estudio entre los tiempos 1 y 2 (T1 Vrs. T2) antes y después a la retracción del segmento anterior.

MOMENTO DE MEDICION	N	Promedio	Desv. Estand.	Mediana	Mínimo	Máximo
T1	32	1.35572	1.517196	0.69500	0.003	6.233
T2	32	1.28913	1.163405	0.90700	0.000	4.647
Total	64	1.32242	1.341571	0.84550	0.000	6.233

T de Student $p=0.844$

Fuente: Análisis estadístico descriptivo IBM SPSS Statistics Mac (Versión 24.0).



Fuente: Análisis estadístico descriptivo IBM SPSS Statistics Mac (Versión 24.0).

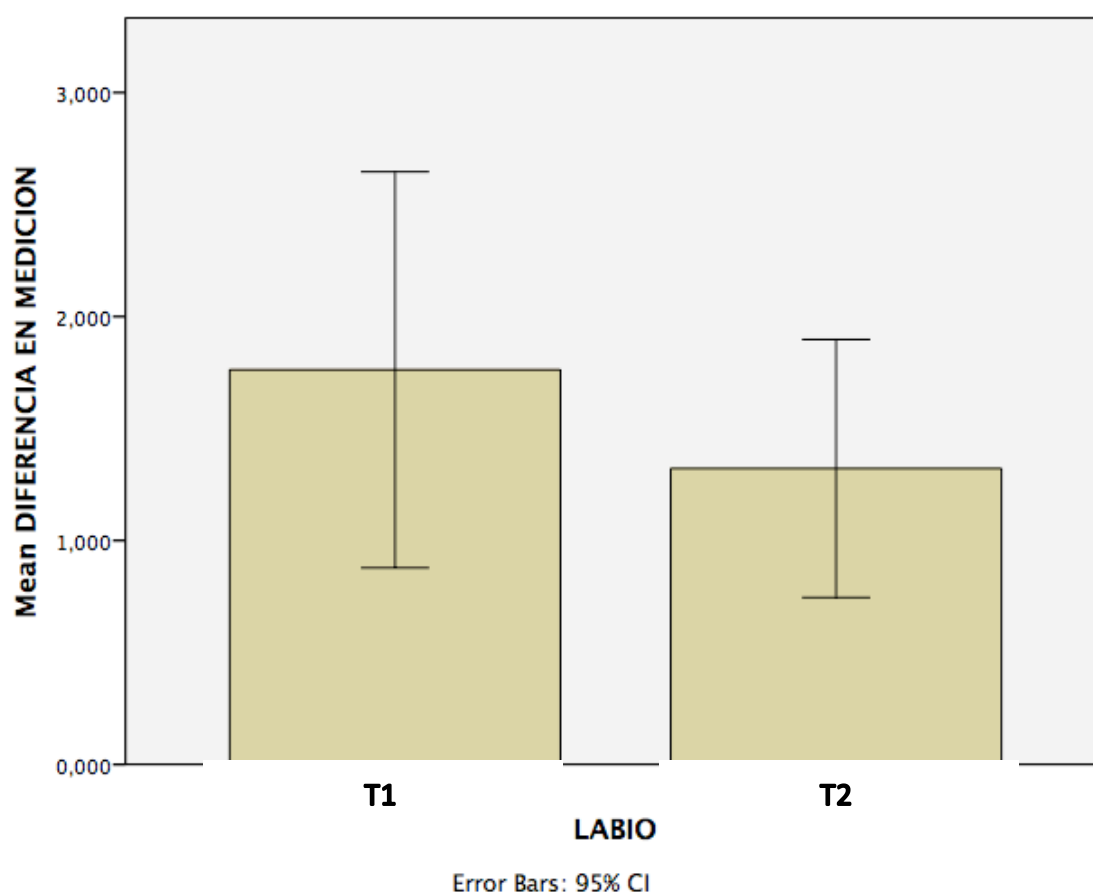
Interpretación: la discrepancia de datos obtenidos entre ambos grupos fue mayor en el grupo de datos en el momento inicial del estudio, pero en ambos grupos los datos se encuentran entre los intervalos de confianza, no existiendo una diferencia estadística entre ambos, encontrándose el valor $p=0.844$.

Tabla 4. Diferencias obtenidas entre la variable “distancia en mm del labio superior a la línea E” en la radiografía Cefalométrica vs imagen 3D antes (T1) y después (T2) de la retracción del segmento anterior.

LABIO SUPERIOR	N	Promedio	Desv. Estand.	Mediana	Mínimo	Máximo
T1	16	1.76225	1.659109	1.32550	0.010	6.233
T2	16	1.32144	1.081037	0.89450	0.000	3.409
Total	32	1.54184	1.395543	1.10950	0.000	6.233

T de Student $p=0.380$

Fuente: Análisis estadístico descriptivo IBM SPPSS Statistics Mac (Versión 24.0).



Fuente: Análisis estadístico descriptivo IBM SPPSS Statistics Mac (Versión 24.0).

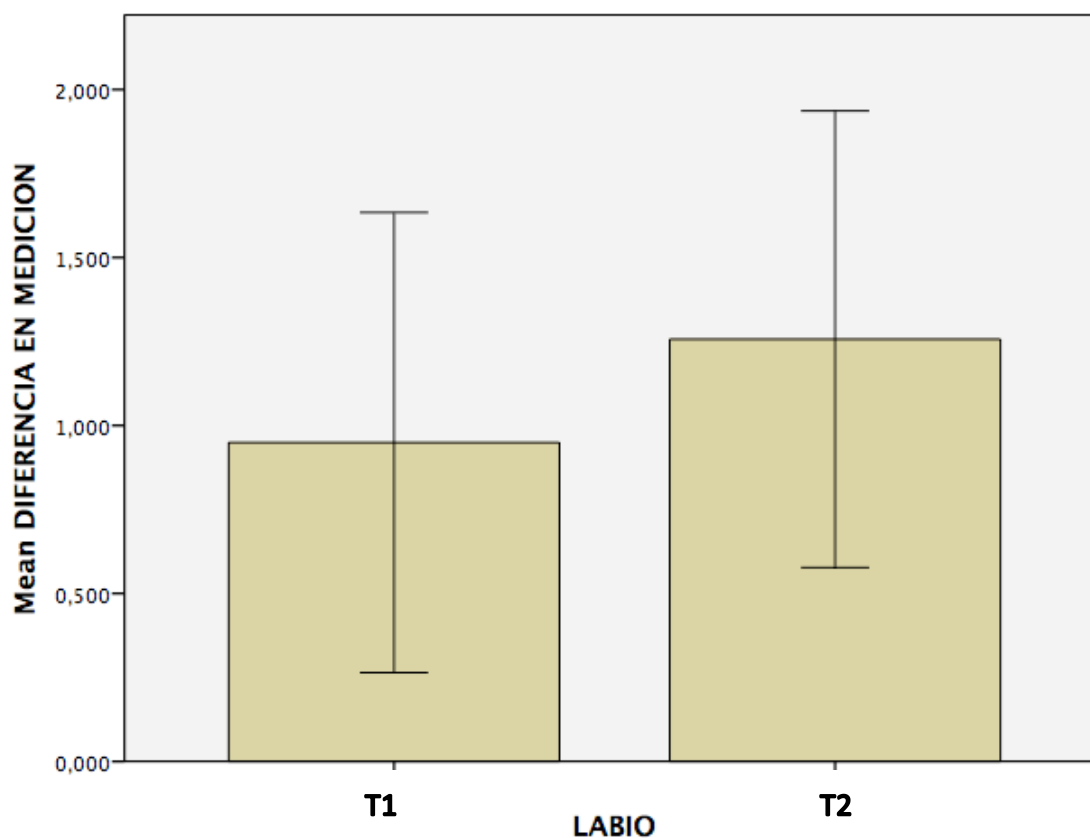
Interpretación: la discrepancia de datos obtenidos entre el momento “inicio y final” comparando la medición realizada en la radiografía cefalométrica vs imagen 3D fue mayor en el momento inicial, pero se encuentran entre los intervalos de confianza establecidos. No existiendo una diferencia estadística entre ambos, encontrándose el valor $p=0.380$.

Tabla 5. Diferencias obtenidas entre la variable “distancia en mm del labio inferior a la línea E” en la radiografía Cefalométrica vs imagen 3D antes (T1) y después (T2) de la retracción del segmento anterior.

LABIO INFERIOR	N	Promedio	Desv. Estand.	Mediana	Mínimo	Máximo
T1	16	0.94919	1.285307	0.38550	0.003	4.114
T2	16	1.25681	1.275299	1.00050	0.028	4.647
Total	32	1.10300	1.269151	0.58950	0.003	4.647

T de Student $p=0.502$

Fuente: Análisis estadístico descriptivo IBM SPSS Statistics Mac (Versión 24.0).



Error Bars: 95% CI

Fuente: Análisis estadístico descriptivo IBM SPSS Statistics Mac (Versión 24.0).

Interpretación: la discrepancia de datos obtenidos entre el momento “inicio y final” comparando la medición realizada en la radiografía cefalométrica vs imagen 3D fue mayor en el momento final, pero se encuentran entre los intervalos de confianza establecidos. Mostrando tanto en la tabla como en la gráfica que el promedio de los datos en el momento final muestra mayor dispersión comparado con el momento inicial. No existiendo una diferencia estadística entre ambos, encontrándose el valor $p=0.502$.

3.4 Discusión de resultados

Como parte de un adecuado diagnóstico y planificación en ortodoncia, la evaluación del perfil facial y la armonía de los labios del paciente con el resto de su cara, es de suma importancia para el ortodoncista, ya que se convierte en un elemento muy significativo para llevar a cabo la planificación terapéutica. Autores como Broadbent, Brodie, Downs, Graber, entre otros (1,2,14,4), han analizado la importancia de los tejidos blandos, incluyendo su análisis en métodos radiográficos.

Datos muy similares obtenidos en el estudio de Gurrola, et al. (5), respecto a los cambios de la posición labial, tomando como guía la línea E de Ricketts, luego de extracciones de primeras bicúspides evaluados en la radiografía cefalométrica, se han demostrado en este estudio, obteniendo disminución en la medida horizontal en mm, tanto del labio superior como el labio inferior luego de la retracción de los incisivos y caninos. Por lo que la evaluación de los cambios de los labios en la radiografía cefalométrica es muy acertada y confiable; comprobado, de igual forma, en estudios de Bishara (17). (Tabla 1 y 2).

En la actualidad, con el avance de la tecnología, han surgido aplicaciones de imagen 3D en odontología y ortodoncia, que con la ayuda de softwares de computadora se pueden medir y editar. Varios autores (36,37), reportaron que los sistemas de imagen tridimensional: escáner laser, tomografía computarizada de haz cónico - CBCT- y estereofotogrametría en 3D son precisos y confiables cuando se comparan a las mediciones faciales directas y se consideran válidos para el uso clínico; estos eventualmente han ido reemplazado a los métodos diagnósticos bidimensionales, según lo afirmado por Zkau (36,37).

Sin embargo, existen consideraciones importantes sobre esta tecnología para tomarla como método diagnóstico de aplicación diaria o convencional, por ejemplo, limitantes respecto al precio, puede ser elevado y muchas veces no accesible para un profesional que ejerce de manera individual, mientras que la radiografía cefalométrica se ha convertido en ortodoncia un requisito primordial para poder hacer el diagnóstico y así iniciar con el tratamiento. Una de las ventajas de estos equipos que generan imágenes 3D es que no emiten radiación. En el desarrollo de esta investigación se utilizó un escáner portátil comercial estereofotométrico de imágenes en tres dimensiones (SCANIFY®, Fuel 3D Technologies Limited, UK) las cuales permiten una apropiada visualización de los tejidos blandos para evaluar el tercio inferior de la cara, teniendo como ventajas principales su asequibilidad desde el punto de vista clínico, la ausencia de dosis de radiación para generar las imágenes y la practicidad de almacenaje y manipulación.

En términos de calidad y definición de imagen los escáneres 3D proveen información adicional sobre color y textura de superficie y una resolución más alta de las superficies de tejido blando en comparación con CBCT (12,38).

De acuerdo a Cevitanes (34,11), los procesos de registro de imágenes tridimensionales se pueden clasificar en dos grupos principales: rígidos y no rígidos. La transformación llevada a cabo en un proceso de registro rígido está basada en puntos de referencia, curvas, planos, superficies o voxels. Los procesos de registro no rígidos se basan en puntos de referencia en modelos elásticos, modelos fluidos, ranuras y modelos de elementos finitos.

Para evaluar cambios longitudinales, los procesos de registro rígidos son aceptables (11,34); en la presente investigación fue utilizado un proceso de registro rígido basado en los puntos de referencia anatómicos (punta nasal (En), labrale superior (UL), labrale inferior (LL), mentón (Dt)) en la fotografía 3D del perfil de cada paciente, los cuales fueron también identificados de la misma manera en la radiografía cefalométrica.

La identificación de los puntos de referencia considerados para el estudio fue un proceso normal en términos de factibilidad ya que el software utilizado en el proceso de identificación de puntos y posterior medición de distancias (GOM Inspect 2016) permite rotar, acercar y alejar las imágenes en todos los planos del espacio, característica que dota de facilidad al proceso de búsqueda e identificación de puntos.

La interpretación del desplazamiento real de los tejidos blandos es complicada y está influenciada por distintas variables que en algún momento pueden considerarse como distractores tales como cambios en el peso, posición de la cabeza y actividad muscular (2,9).

En el presente estudio se registraron cambios milimétricos que representaron reducción en los tejidos blandos labiales entre el tiempo 1 (T1) y tiempo 2 (T2), los cuales fueron clínicamente evidenciables en cada uno de los pacientes al final de la retracción del segmento anterior. Durante todo el estudio se trabajó con una muestra de 16 pacientes, fueron los que cumplieron con los criterios de inclusión y aceptaron participar en el estudio. (Tabla 1 y 2).

Al comparar la diferencia entre las variables “distancia en mm del labio superior y del labio inferior a la línea E” antes de la retracción (T1) y después de la retracción (T2) incluidos los datos obtenidos de la radiografía cefalométrica y de las imágenes 3D se da en promedio 1.32 de diferencia, coincidente con los estudios de Bishara, Sheridan, Nanda y Bravo (5,17) que determina que la dispersión de los datos se encuentra entre los intervalos de confianza y al realizar el análisis estadístico “T de Student” resultó que no existe una diferencia

estadísticamente significativa entre la diferencia promedio de medidas de la radiografía cefalométrica en comparación con las imágenes 3D (Tabla 3).

No obstante, al analizar por separado la diferencia entre las medidas de la distancia en mm del labio superior e inferior a la línea E, se determinó que el comportamiento de los grupos en el labio superior e inferior fue normal y se encontraron entre los intervalos de confianza establecidos, existiendo más discrepancia en los datos iniciales que de los finales en el labio superior y en el labio inferior hubo más discrepancia en los datos finales. Pero al realizar el análisis estadístico “T de Student” resultó que no existe una diferencia estadísticamente significativa, es decir se rechaza la hipótesis alterna, entre la diferencia promedio de medidas de la radiografía cefalométrica en comparación con las imágenes 3D (Tabla 4 y 5).

La discrepancia de los datos obtenidos en el momento final del labio inferior de las imágenes 3D fue mayor al compararlos con los datos finales de las imágenes 2D. Es probable que éste aspecto se encuentre relacionado con las dificultades de identificación en algunos de los puntos de referencia, principalmente aquellos relacionados con el labio inferior que pueden haber interferido en la variante anteriormente citada. Coincidente con lo que el autor Ardón, E. (15) afirmó en los resultados de su estudio.

El promedio de datos obtenidos en el labio superior en las mediciones de la radiografía 2D versus la imagen 3D, tiene una variabilidad de 0.5mm al compararlos en T1 (tiempo 1 o inicial) y de 0.07mm en T2 (tiempo 2 o final); y en el labio inferior tiene una variabilidad de 0.3mm al compararlos en T1 y de 0.5mm en T2. Siendo esto una diferencia no estadísticamente significativa al comparar ambos métodos de medición 2D y 3D.

En ambos métodos utilizados se evidenció que existió una retracción de los labios luego del movimiento hacia atrás de los incisivos superiores e inferiores durante el tratamiento de ortodoncia. Adicionalmente el uso del método 3D es recomendable porque permite el análisis tridimensional y volumétrico de una estructura tridimensional como son los tejidos blandos faciales. Actualmente los softwares creados para la interpretación y medición de las imágenes 3D no son específicos para uso odontológico, por lo que existen limitaciones en reconocimiento de puntos anatómicos y dificultad para una interpretación 100% fidedigna. Como valor agregado en este estudio, también se analizaron las imágenes 3D antes y después de la retracción de los incisivos para observar los cambios labiales interponiéndolas entre sí a través del programa CloudCompare (Anexo 4) en donde se observa que la imagen antes de

la retracción siempre queda por delante en el área de los labios de la imagen tomada después de la retracción de los incisivos, comprobando nuevamente los cambios de los tejidos blandos.

Dindaroğlu (4) menciona que pueden existir variaciones en la colocación de los puntos anatómicos de referencia causados por errores de observación durante la colocación de los mismos y que además estas pequeñas variaciones están bien reportadas en la literatura.

En el estudio desarrollado por Motoyoshi (39) informa que las medidas que fueron localizadas y analizadas en el bermellón labial o en sus proximidades mostraron menor predictibilidad de identificación en sus puntos de referencia debido a que los márgenes labiales se observaron difusos e ilimitados con respecto al tejido facial. Al comparar visualmente las imágenes en el Tiempo 1 versus el Tiempo 2 el equipo investigador observa un cambio estético clínicamente aceptable desde el punto de vista ortodóncico.

Dentro de las limitaciones obtenidas para el caso debemos mencionar que la inestabilidad del software del escáner 3D portátil SCANIFY® hizo difícil en algunas ocasiones la captura de imágenes de forma sencilla y expedita. De igual forma el software GOM Inspect 2016 provocaba la distorsión de la imagen, en el caso del paciente que se tuvo que descartar por esa condición, dando una medición inválida.

Sin embargo, a pesar que el proceso de captura de imagen consideró obstáculos importantes para el equipo de investigación, se puede afirmar que, una vez obtenidas dichas imágenes, representaron una ayuda diagnóstica significativa para la comprensión de los cambios existentes en los tejidos blandos después de la retracción del segmento anterior.

Las dificultades en la aplicación de la tecnología tridimensional en el campo clínico han sido parte del perfeccionamiento de cada uno de los aparatos más importantes disponibles hoy en día y han permitido que dichas dificultades sean superadas en nuevas generaciones de aparatos.

Littlefield (23) evaluó las limitaciones existentes con distintos sistemas de imagen tridimensional (escáner laser, luz estructurada, sistemas CCD y 3dMD) y, aunque ninguno de ellos representa tecnología tridimensional portátil, coincide que muchos presentaron irregularidades y falta de detalle en aquellas estructuras faciales complejas (orejas, ojos, etc.) y a pesar de las limitaciones existentes la evolución de la tecnología permite que sea considerado como un método con potencial significativo a mediano plazo.

3.4.1 Análisis de la hipótesis planteada en la investigación

Hipótesis es una aseveración de una población elaborado con el propósito de poner a prueba, para verificar si la afirmación es razonable se usan datos.

En el análisis estadístico se hace una aseveración, es decir, se plantea una hipótesis, después se hacen las pruebas para verificar la aseveración o para determinar que no es verdadera.

Por tanto, la prueba de hipótesis es un procedimiento basado en la evidencia muestral y la teoría de probabilidad; se emplea para determinar si la hipótesis es una afirmación razonable.

Cualquier investigación estadística implica la existencia de hipótesis o afirmaciones acerca de las poblaciones que se estudian.

La hipótesis nula (H_0) se refiere siempre a un valor especificado del parámetro de población, no a una estadística de muestra. Por lo general hay un "no" en la hipótesis nula que indica que "no hay cambio", podemos rechazar o aceptar H_0 .

La hipótesis nula es una afirmación que no se rechaza a menos que los datos muestrales proporcionen evidencia convincente de que es falsa. El planteamiento de la hipótesis nula siempre contiene un signo de igualdad con respecto al valor especificado del parámetro.

La hipótesis alternativa (H_1) es cualquier hipótesis que difiera de la hipótesis nula. Es una afirmación que se acepta si los datos muestrales proporcionan evidencia suficiente de que la hipótesis nula es falsa. Se le conoce también como la hipótesis de investigación. El planteamiento de la hipótesis alternativa nunca contiene un signo de igualdad con respecto al valor especificado del parámetro.

En el caso de esta investigación se rechazó la hipótesis alterna, que afirmaba que sí existe una diferencia estadística al utilizar el método de tecnología 3D vs 2D en el cambio de perfil facial. La hipótesis alterna se planteó de esa manera porque se consideró que la tecnología 3D daría resultados más exactos por evaluar una estructura 3D, que es el rostro humano.

Al realizar las pruebas estadísticas que comparaban los dos resultados, y en donde se estableció un nivel de significancia del 95%, se determinó que los resultados de ambos grupos mostraron el mismo comportamiento y no hubo diferencia estadística que fuera significativa.

Por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Las pruebas estadísticas son las que permiten determinar la aceptación o rechazo de las hipótesis, porque desde el inicio el investigador se plantea algo que debe comprobar y esto permite ser verificado a través de la estadística.

Al analizar el conjunto de datos obtenidos de ambos grupos, 3D y 2D, se observa que los resultados son muy parecidos, y que por lo tanto al ser comprobados por medio de las pruebas estadísticas se obtuvo como resultado que no existe diferencia.

Cualquiera sea la decisión tomada a partir de una prueba de hipótesis, ya sea de aceptación de la H_0 o de la H_a , puede incurrirse en error:

Un *error tipo I* se presenta si la hipótesis nula H_0 es rechazada cuando es verdadera y debía ser aceptada. La probabilidad de cometer un error tipo I se denomina con la letra alfa α

Un *error tipo II*, se denota con la letra griega β se presenta si la hipótesis nula es aceptada cuando de hecho es falsa y debía ser rechazada.

Para que cualquier ensayo de hipótesis sea bueno, debe diseñarse de forma que minimice los errores de decisión. En la práctica un tipo de error puede tener más importancia que el otro, y así se tiene a conseguir poner una limitación al error de mayor importancia. La única forma de reducir ambos tipos de errores es incrementar el tamaño de la muestra, lo cual puede ser o no ser posible.

Por eso es importante el análisis de las hipótesis planteadas en el estudio, para no incurrir en los errores tratados con anterioridad.

Conclusiones

- Los tejidos blandos labiales de los pacientes de ortodoncia que formaron parte del estudio mostraron disminución luego de la retracción tanto en las medidas obtenidas de la radiografía cefalométrica como de las imágenes 3D; por lo tanto las diferencias de los resultados obtenidos entre las mediciones realizadas en las imágenes 3D de inicio y final comparadas con las mediciones realizadas en las radiografías cefalométricas de inicio y final no son significativas, por lo que esta tecnología puede ser igualmente utilizada que una radiografía cefalométrica para evaluar cambios en los tejidos blandos durante un tratamiento de ortodoncia. Es decir, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula planteada en este estudio.
- El promedio de la distancia lineal anteroposterior entre el **labio superior** a la línea E **antes** de la retracción con respecto a las medidas tomadas de la radiografía 2D es de -0.54mm. Y con respecto a las medidas tomadas de las imágenes 3D -1.1mm.
- El promedio de la distancia lineal anteroposterior entre el **labio superior** a la línea E **luego** de la retracción con respecto a las medidas tomadas de la radiografía 2D es de -2.49mm. Y con respecto a las medidas tomadas de las imágenes 3D -2.56mm
- El promedio de la distancia lineal anteroposterior entre el **labio inferior** a la línea E **antes** de la retracción con respecto a las medidas tomadas de la radiografía 2D es de 2.54mm. Y con respecto a las medidas tomadas de las imágenes 3D 2.84mm
- El promedio de la distancia lineal anteroposterior entre el **labio inferior** a la línea E **luego** de la retracción con respecto a las medidas tomadas de la radiografía 2D es de -0.24mm. Y con respecto a las medidas tomadas de las imágenes 3D 0.315mm.

- La discrepancia de datos obtenidos entre el momento “inicio y final” comparando la medición realizada en la radiografía cefalométrica vs imagen 3D fue mayor en el momento inicial, pero se encuentran entre los intervalos de confianza establecidos. No existiendo una diferencia estadística entre ambos.
- La discrepancia de datos obtenidos entre el momento “inicio y final” comparando la medición realizada en la radiografía cefalométrica vs imagen 3D fue mayor en el momento final, pero se encuentran entre los intervalos de confianza establecidos. Mostrando tanto en la tabla como en la gráfica que el promedio de los datos en el momento final muestra mayor dispersión comparado con el momento inicial. No existiendo una diferencia estadística entre ambos.

Recomendaciones

- Implementar la capacitación de los estudiantes y profesores del Postgrado de Ortodoncia de la Universidad de San Carlos de Guatemala para la utilización del escáner y software y poderlo utilizar para los casos que consideren pertinentes para el análisis facial.
- Implementar un espacio físico adecuado para colocar el equipo (escáner y computadora) con una adecuada iluminación y así poder tomar las fotografías de la forma adecuada y cómoda.
- Continuar con la línea de investigación en donde se puedan analizar softwares que permitan la comparación y superposición de las imágenes 3D para interpretar de forma adecuada los cambios faciales obtenidos en el paciente. Se deja una introducción del mismo en la sección de Anexos de este estudio.
- Se recomienda implementar el uso del escáner en pacientes diagnosticados con problemas esqueléticos que tendrán la necesidad de un tratamiento ortodóntico-quirúrgico para evaluar los cambios faciales obtenidos luego de finalizado el tratamiento.

Bibliografías

1. Bergman R. Cephalometric soft tissue facial analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1999 Mayo; 116(8).
2. Blanco F. Las proporciones divinas. *J Cir Plast*. 2005 Agosto; 15(2): p. 118-124.
3. Bruce M. The influence of lip thickness and strain on upper lip response to incisor retraction. *Am J Orthod*. 1982 Marzo; 82(02).
4. Di Benedetto S. Enfoque histórico de la estética facial. *Rev Odontol. Intedisc*. 2005 Septiembre; 6(6): p. 19-21.
5. Gurrola BEa. Valoración del plano estético de Ricketts en pacientes con extracciones de primeros premolares. *Revista Mexicana de Odontología Clínica*. 2008 Septiembre; 2(5).
6. Oles B, Richard J. Changes in facial profile during orthodontic treatment with extraction of four first premolars.. *Am J Orthod*. 1989 Marzo; 1(00): p. 220-230.
7. Ras F, Habets L, Van Ginkel F. Quantification of facial morphology using stereophotogrammetry demonstration of a new concept. *J Dent*. 1996; 24: p. 369-374.
8. Ayub Aea. Validation of a vision based three dimensional facial imaging system. *Cleft Palate Craniofac J*. 2003 Marzo; 40(9).
9. Bourne C, Kerr W, Ayoub A. Development of a three dimensional imaging system for analysis of facial change. *Clin Orthod Res*. 2001 Septiembre; 4(11).
10. Byr H, Huggins D. A cephalometric analysis of upper lip profile changes following retraction of upper incisors. *British J Orthod*. 1992 Mayo; 141(158).
11. Cevidanes L. Three dimensional evaluation of changes in lip position from before to after orthodontic appliance removal. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012 Junio; 142(8).
12. Hajeer MEa. Three dimensional imaging in orthognatic surgery- the clinical application of a new method. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*. 2002 Octubre; 17(30).
13. Heike C, Cunningham M, Hing A. Picture perfect? Reability of craniofacial anthropometry using 3D digital stereophotogrammetry. *Plast Reconstr Surg*. 2009 Noviembre; 124(00): p. 1261-1272.
14. Bravo L, Canut J. Comparison of the changes in facial profile after orthodontic treatment, with and without extractions.. *British J Orthod*. 1997 Febrero; 26(33).
15. E. A. Cambios labiales post retracción del segmento anterior evaluados utilizando imágenes estereoscópicas y fotométricas en tres dimensiones. Tesis de Maestría Universidad de San Carlos; Guatemala. p. 180.
16. Bhavnani Aea. Extraction vs no extraction treatment: long term facial profile changes. *Am J Orthd Dentofacial Orthop*. 2015 Junio; 147(00): p. 596-603.

17. Bishara S. Treatment and posttreatment changes in patients with Class II, Division I malocclusion after extraction and nonextraction treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1997 Julio; 18(27).
18. Kobayashi TEa. Three dimensional analysis of facial morphology before and after orthognatic surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 1990 Diciembre; 18(00): p. 68-73.
19. Siebert J, Marshall S. Human body 3D imaging by speckle texture projection photogrammetry. *Sensor Review.* 2000; 20: p. 218-226.
20. Techalertpaisarn P, Kuroda T. Three dimensional computer graphic demonstration of facial soft tissue changes in mandibular prognathic patients after mandibular sagital ramus osteotomy. *Int J Adult Orthod Orthog Surg.* 1998; 13: p. 217-225.
21. Ricketts R. Cephalometric synthesis. *Am J Orthod.* p. 647-673.
22. Ricketts R. The Evolution of Diagnosis to Computerized Cephalometrics. *Am J Orthod.* 1969; 55(6): p. 795-803.
23. Littlefield TEa. Develpment of a new three dimensional cranial imaging system.. *J Craniofac Surg.* 2004; 15(00): p. 175-181.
24. Sawyer A, See M, Nduka C. 3D stereophotogrammetry quantitative lip analysis.. *Aesthetic Plast Surg.* 2009; 33: p. 497-504.
25. European Commission. European Guidelines on radiation protection in dental Radiology. ; RP 136.
26. Udupa J, Herman G. 3D Imaging in Medicine. 1991..
27. Baumrind S. Integrated three dimensional craniofacial mapping: background, principles and perspectives. *Semin Orthod.* 2001 Abril; 7(32).
28. Motegi N, Tsutsumi S, Okumura H. Morphologic changes in the perioral soft tissues in patients with mandibular hyperplasia using a laser system for three dimensional surface measurement. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1999; 28(00): p. 15-20.
29. Seeram E. 3D imaging: basic concepts for radiologic technologists. *Radiol Technol.* 1997; 69: p. 127-144.
30. Michel DEa. Soft tissue changes associated with maxillary incisor retraction. *Am J Orthod.* 1982; 81(6): p. 481-488.
31. Moss J, McCance A, Fright W. A three dimensional soft tissue analysis of fifteen patientes with Class II, Division I malocclusions after bimaxillary surgery. *Am J Orhod Dentofac Orhop.* 1994; 105(7).
32. Carrie LEa. 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head & Face Medecine.* 2010 Febrero; 6(18).
33. Zamora C. Compendio de Cefalometría. Análisis clínico y práctico. Bogotá: Amolca; 2004.
34. Cevidanes LE. Cranial base superimposition for 3D evaluation of soft changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Enero; 137(9).

35. D. RE. Aparatos para radiografía dental. [Online].; 2016. Available from: HYPERLINK "<http://www.villasm.com/en/art/30/rotograph-evo-and-evo-d.html>" <http://www.villasm.com/en/art/30/rotograph-evo-and-evo-d.html> .
36. Zkau CEa. Use of 3D surface acquisition to study facial morphology in five populations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010; 137.
37. Zkau C, Souccar N. Methods of measuring the 3D face. *Semin of Orthod*. 2012; 18: p. 187-192.
38. Limited 3FT. 3D Fuel Scanify. [Online].; 2016 [cited 2016 Agosto 13. Available from: HYPERLINK "www.fuel-3d-com" www.fuel-3d-com .
39. Motoyoshi M, Namura S, Arai H. A three dimensional measuring system for the human face using three directional photography. *Am J Orthd Dentifac Orthop*. 1992 Febrero; 101(00): p. 431-440.
40. Curry S, Baumrind S, Carlson S. Integrated three dimensional craniofacial mapping at the craniofacial research instrumentation laboratory University of the Pacific. *Semin Orthod*. 2001 Julio; 7(65).
41. Comission. E. European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology. In RP. 2004; Luxemburgo. p. 136.
42. Hernández REa. Metodología de la Investigación. 4th ed. México: McGraw-Hill; 2006.
43. Ricketts R. Técnica bioprogresiva de Ricketts. Primera ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 1983.
44. United Nations Scientific Commitee. Effects of Atomic Radiation, sources and effects of ionizing radiation. Vol 1. New York: UNSCEAR; 2000.

Anexos

Anexo No. 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Tendrá el siguiente formato:



**“COMPARACIÓN DE LA MEDIDA DE LOS CAMBIOS EN EL
PERFIL FACIAL DE TEJIDOS BLANDOS UTILIZANDO
RADIOGRAFÍAS CEFALOMÉTRICAS 2D E IMÁGENES
ESTEROSCÓPICAS Y FOTOMÉTRICAS 3D.”**



Nombre del participante _____

A usted se le está invitando a participar en el estudio citado con anterioridad. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

✓ **Justificación**

El avance de la tecnología permite al ortodoncista diversificarse, actualizarse y garantizar de esa forma un adecuado diagnóstico y plan de tratamiento, por lo que son esenciales los estudios para poder comprobar la versatilidad de los nuevos equipos en el mercado y así permitir un adecuado manejo del paciente.

✓ **Objetivos del Estudio**

Determinar si existe diferencia estadísticamente significativa en la evaluación de los tejidos blandos durante el tratamiento de ortodoncia utilizando radiografía cefalométrica e imágenes tridimensionales.

✓ **Procedimiento**

En caso de aceptar participar en el estudio se iniciará con el control de los cierres de espacios de los incisivos superiores e inferiores, el cual no afectará su tratamiento de ninguna forma. Luego se procederá a la toma de la fotografía a través del escáner Scanify y la radiografía lateral de cráneo en las instalaciones de Disa, edificio M1 de la Ciudad Universitaria, antes y después del cierre de los espacios. Su nombre, fotografía y radiografía no aparecerá en ninguna publicación, ya que se respeta la privacidad de la persona.

✓ **Aclaraciones**

La decisión de que Ud. o su hijo o encargado participe en el estudio es completamente voluntaria.

- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, pudiendo informar o no, las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado que forma parte de este documento.
- Es su derecho ser informado de los resultados obtenidos de la investigación e informarlos a quien desee, a un médico si desea para seguir tratamiento de ser positivo.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Firma del participante

Fecha

Anexo No. 2

ASENTIMIENTO INFORMADO



Documento de Asentimiento Informado para niños de 12 a 17 años que asisten al Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



RESPONSABLES DEL ESTUDIO:

Dra. Engracia María Quijada Beza (Investigadora)

Dr. Leopoldo Vesco (Asesor- Docente Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilofacial, Facultad de Odontología- Universidad de San Carlos de Guatemala)

Introducción

Mi nombre es Engracia María Quijada Beza y mi trabajo consiste en investigar si hay diferencias al comparar una radiografía y una fotografía 3D en tus labios por el tratamiento de ortodoncia.

Le voy a dar información e invitarle a tomar parte de este estudio de investigación. Puedes elegir si participar o no. Hemos discutido esta investigación con tus padres o encargado y ellos saben que te estamos preguntando a ti también para tu aceptación. Si vas a participar en la investigación, tus padres o encargado también tienen que aceptarlo. Pero si no deseas tomar parte en la investigación no tienes porque hacerlo, aún cuando tus padres lo hayan aceptado.

Puedes discutir cualquier aspecto de este documento con tus padres o amigos o cualquier otro con el que te sientas cómodo. Puedes decidir participar o no después de haberlo discutido. No tienes que decidirlo inmediatamente. Puede que haya algunas palabras que no entiendas o cosas que quieras que te las explique mejor porque estás interesado o preocupado por ellas. Por favor, puedes pedirme que pare en cualquier momento y me tomaré tiempo para explicártelo.

Objetivo

Queremos verificar si es más efectivo utilizar una fotografía 3D para ver los cambios de tus labios por el tratamiento de ortodoncia que una radiografía cefalométrica, que es lo que utilizamos.

Elección de participantes

Te hemos elegido a ti porque formas parte del grupo de pacientes que viene a realizarse su tratamiento de ortodoncia acá y cumples con los requisitos que el estudio indica.

No tienes porque participar en esta investigación si no lo deseas. Es tu decisión si decides participar o no en la investigación, está bien y no cambiará nada. Esta es todavía su clínica, todo sigue igual que antes. Incluso si dices que “sí” ahora, puedes cambiar de idea más tarde y estará bien todavía.

Si es aplicable al caso: Si algo cambia y deseamos que permanezcas en el estudio de investigación incluso si deseas discontinuarlo, hablaremos contigo antes.

Información del proceso del estudio

El estudio consiste en que te tomaremos una fotografía con un equipo especial que genera una imagen a la computadora de tu carita en tres dimensiones, se te tomará una fotografía de perfil y también una radiografía cefalométrica en el edificio M1 de esta Facultad. Esta fotografía será tomada antes de hacerte para atrás tus dientes de enfrente, al igual que la radiografía y una al terminar el proceso, tanto fotografía como radiografía. Siendo dos de cada una en total.

Esto no te va a generar ningún problema a tu salud, ni tampoco a tu tratamiento de ortodoncia, tampoco tendrás que ir a otro lugar, que no sean las clínicas del postgrado, ni serán más largas las citas.

Confidencialidad:

No diremos a otras personas que estas en ésta investigación y no compartiremos información sobre ti a nadie que no trabaje en el estudio de investigación. Cuando la investigación finalice, se les dirá a usted y sus padres cual de las dos (fotografía 3D o radiografía cefalométrica) es mejor para poder evaluar los cambios de los labios en un tratamiento de ortodoncia.

También cuando finalicemos la investigación, me sentaré con usted y su padre/madre y le explicaré lo que hemos aprendido. También le daré un informe con los resultados. Después, informaremos a más gente, a científicos y a otros, sobre la investigación y lo que hemos averiguado. Lo haremos escribiendo y compartiendo informes y yendo a encuentros con personas interesadas en nuestro trabajo.

Puedes hacerme preguntas ahora o más tarde. Si quieres hablar con alguien mas que conoces como tu profesor o médico o un familiar, puedes hacerlo también.

Formulario de Asentimiento

“Sé que puedo elegir participar en la investigación o no hacerlo. Sé que puedo retirarme cuando quiera. He leído esta información (o se me ha leído la información) y la entiendo. Me han respondido las preguntas y sé que puedo hacer preguntas más tarde si las tengo. Entiendo que cualquier cambio se discutirá conmigo. Acepto participar en la investigación”.

Nombre del niño/a _____

Firma del niño/a: _____ **Fecha:** _____

Anexo 3



“COMPARACIÓN DE LA MEDIDA DE LOS CAMBIOS EN EL PERFIL FACIAL DE TEJIDOS BLANDOS UTILIZANDO RADIOGRAFÍAS CEFALOMÉTRICAS 2D E IMÁGENES ESTEROSCÓPICAS Y FOTOMÉTRICAS 3D.”



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Código del paciente: _____

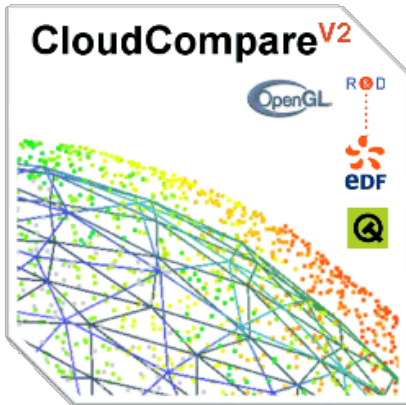
PUNTOS ANATÓMICOS	Medición (mm) Radiografía Cefalométrica Inicial RI	Medición (mm) Fotografía de perfil 3D INICIAL TI
UL- EN/DT		
LL- EN/DT		

PUNTOS ANATÓMICOS	Medición (mm) Radiografía Cefalométrica Final RII	Medición (mm) Fotografía de perfil 3D Final TII
UL- EN/DT		
LL- EN/DT		

PUNTOS ANATÓMICOS	DIFERENCIA (mm) RI-RII	DIFERENCIA (mm) TI-TII
UL- EN/DT		
LL- EN/DT		

Anexo 4

INTRODUCCIÓN AL USO DEL SOFTWARE DE COMPARACIÓN DE IMÁGENES FOTOMÉTRICAS Y ESTEREOSCÓPICAS CLOUD



COMPARE

CloudCompare es una herramienta diseñada por el ingeniero francés Daniel Girardeau-Montaut, y como su nombre indica sirve para comparar y realizar estudios sobre nubes de puntos. Uno de los objetivos principales de estas comparaciones es realizar estimaciones sobre las diferencias entre dos mediciones de un mismo objeto o grupo de objetos, de esta forma es posible determinar por ejemplo deformaciones, etc. Esta situación es muy habitual en la medición con escáneres láser y quizás no sea tan precisa en fotogrametría, por lo pequeños márgenes de error.

Lo que permite ese programa es trasladar la imagen 3D en formato .ply y poder sobreimponerlas y observar los cambios faciales que existen entre la fotografía inicial y la final. La forma en como identifica es por medio de la nube de puntos que la imagen posee como se observa en las sobreimposiciones obtenidas de los 16 participantes del estudio.

Es importante tomar en cuenta que los puntos anatómicos estandarizados para las 32 imágenes que se analizaron para su sobreimposición fueron los mismos en todas y colocados por el mismo investigador y de manera muy cuidadosa y controlada.

Estos puntos son:

- Nasion de tejidos blandos (parte más prominente y central del entrecejo)
- Centro de la pupila derecha e izquierda
- Stomion superior (borde central superior del labio superior)
- Stomion inferior (borde central inferior del labio inferior)
- Menton (parte más prominente de la barbilla)

La interpretación de la escala de color que presenta cada imagen es medida en micras y determina el espacio existente de forma de profundidad o anteroposterior entre la sobreimposición de una imagen (inicial) con la otra (final). La imagen inicial se dejó en color natural y la final en escala de colores. Los colores visibles en cada imagen corresponden en escala verdes-amarillos una correcta sobreimposición entre ambas imágenes, azul que hubo una pequeña discrepancia en sentido de profundidad y rojo que no hubo una adecuada sobreimposición. La imagen natural siempre queda enfrente en el área labial por ser la inicial y la final queda por detrás por haber existido una retracción de los labios.

Imagen 1

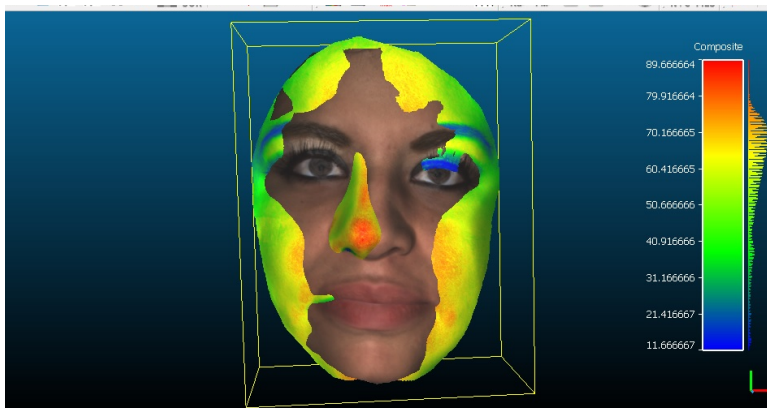


Imagen 2

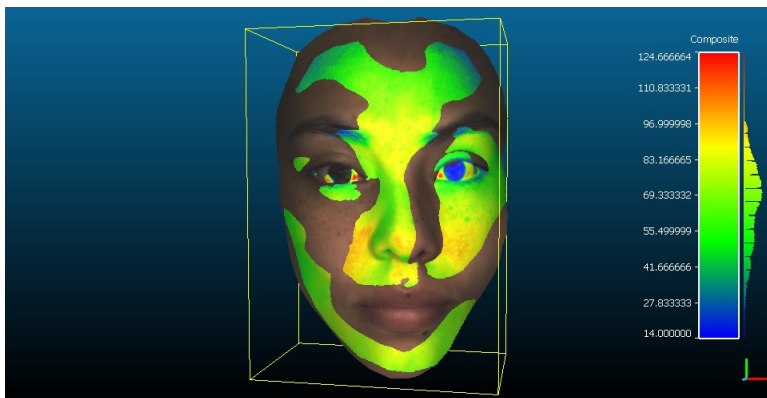


Imagen 3

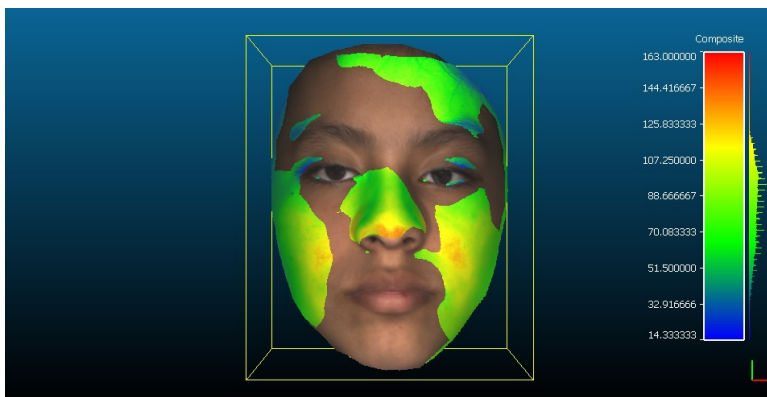


Imagen 4

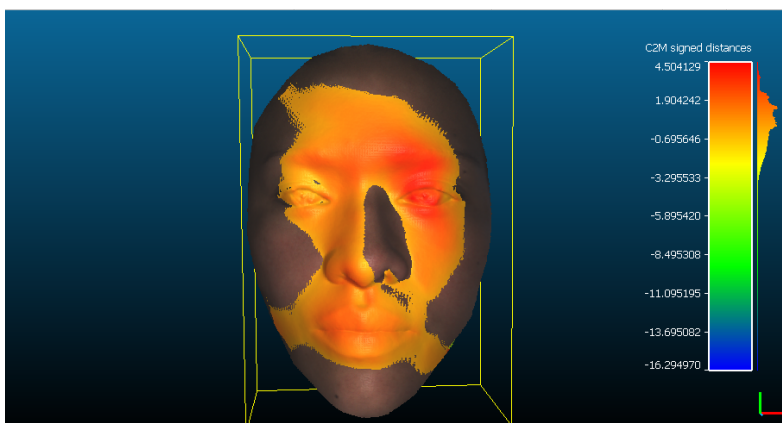


Imagen 5

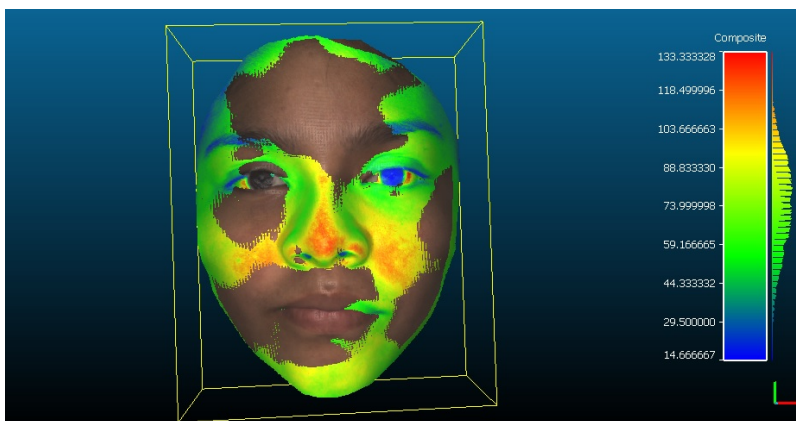


Imagen 6

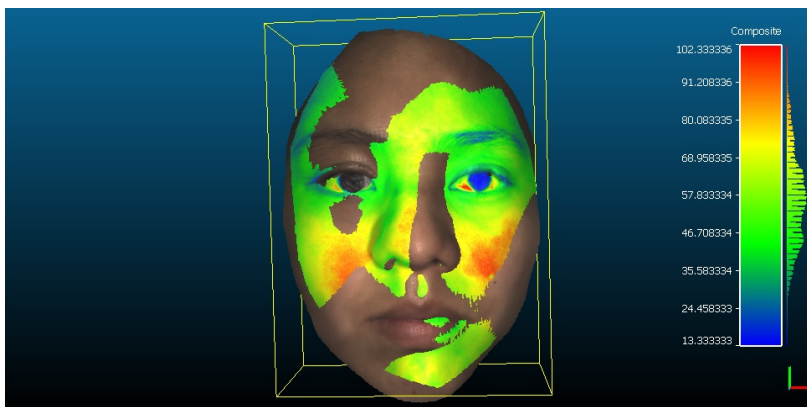


Imagen 7

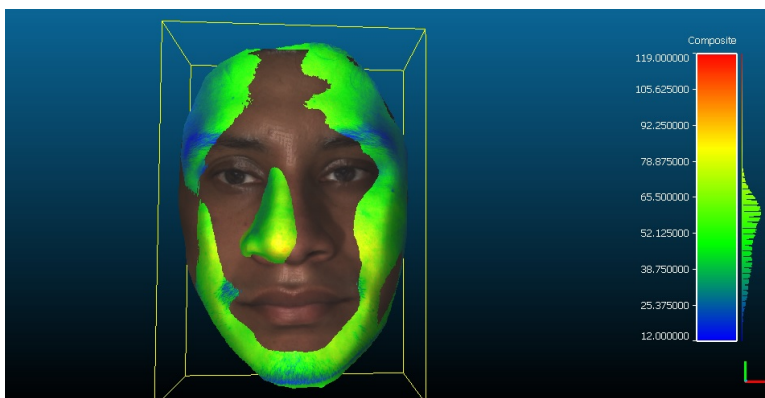


Imagen 8

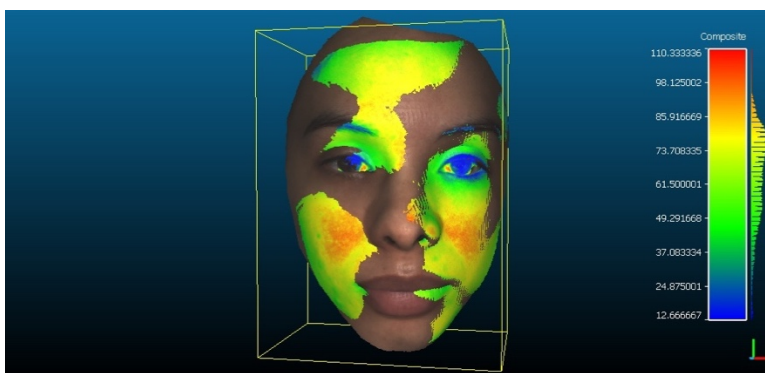


Imagen 9

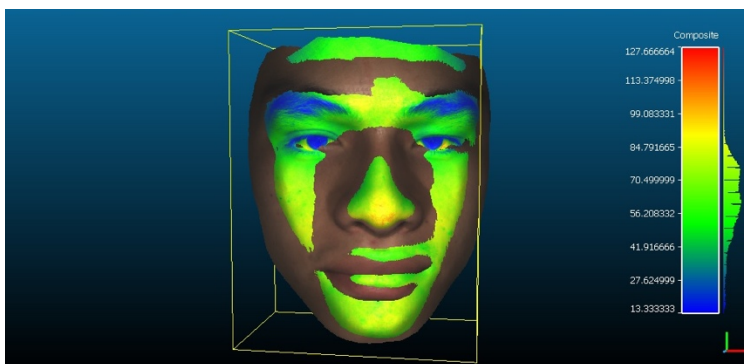


Imagen 10

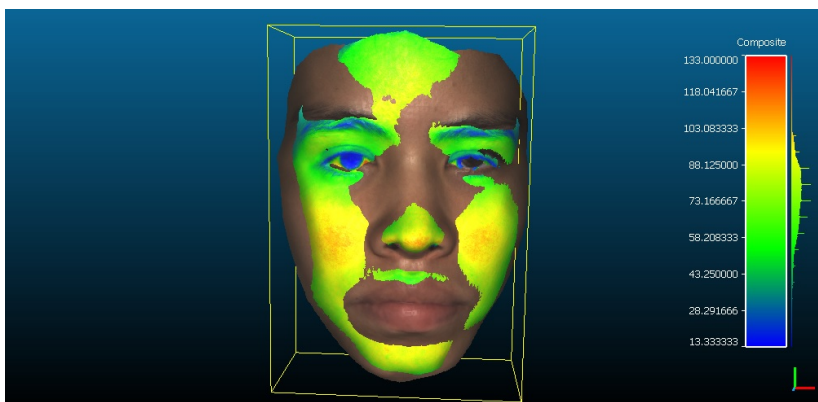


Imagen 11

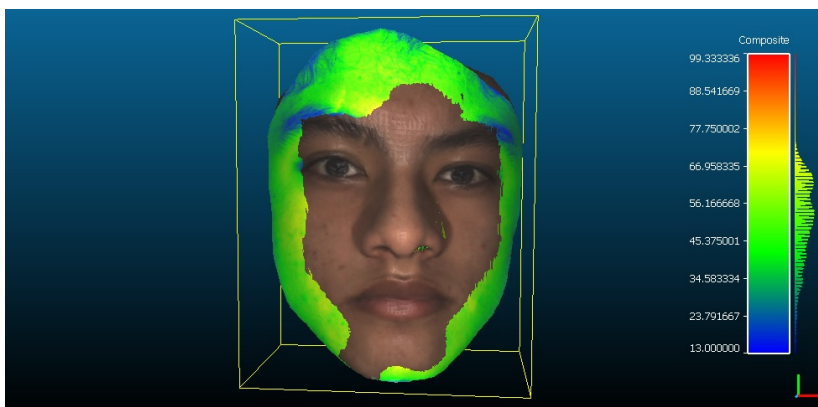


Imagen 12

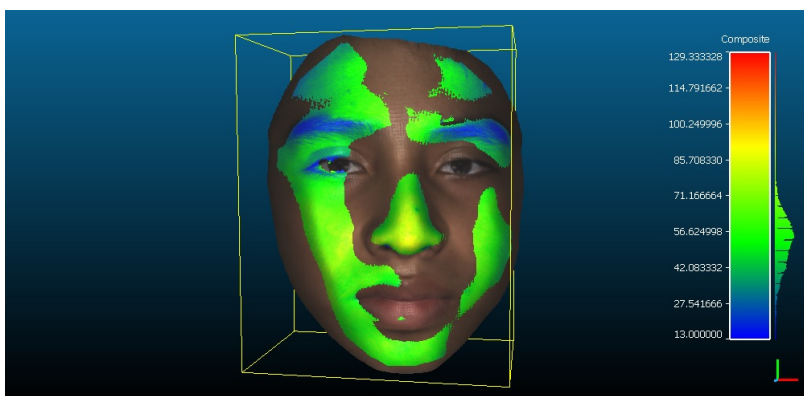


Imagen 13

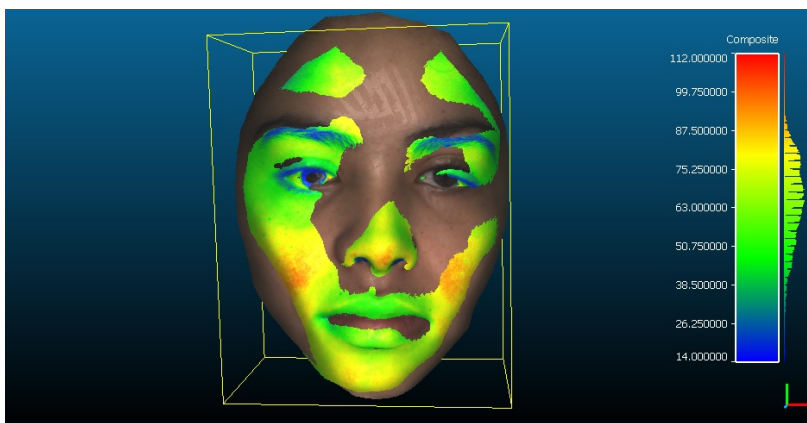


Imagen 14

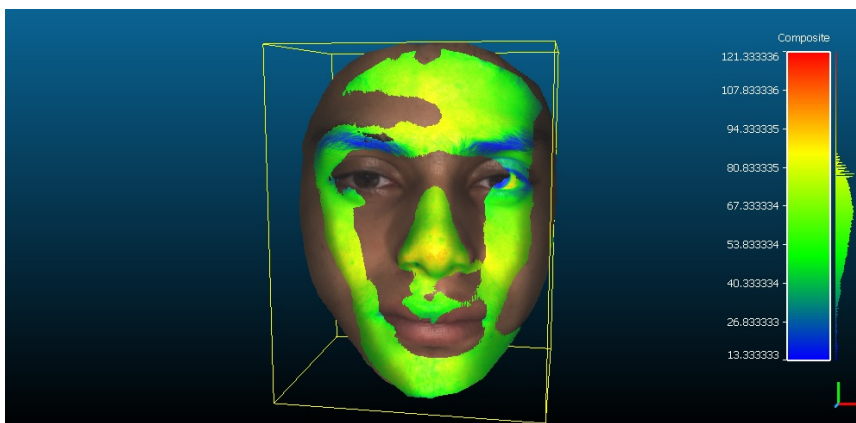
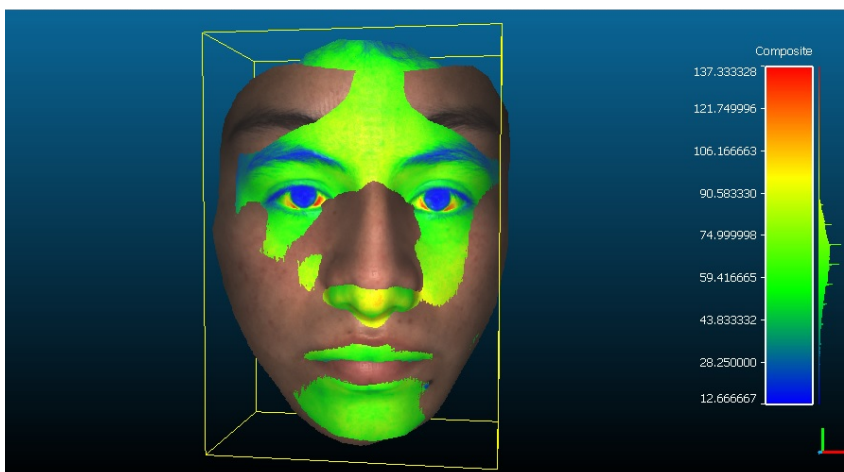
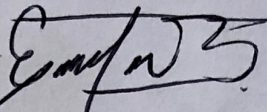


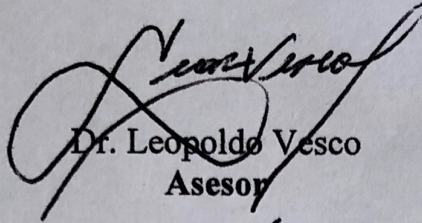
Imagen 15



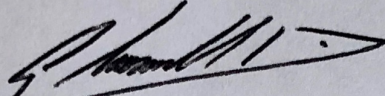
Hoja de firmas



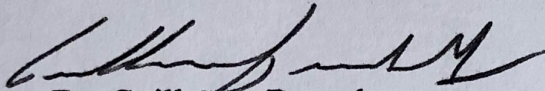
Dra. Engracia María Quijada Beza
Autora



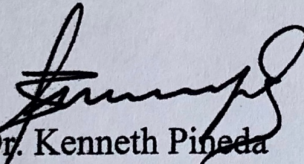
Dr. Leopoldo Vesco
Asesor



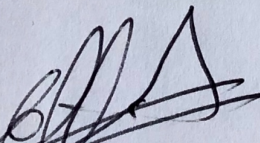
Dr. Gerson Chinchilla
Coordinador Maestría Ortodoncia y Ortopedia Maxilofacial



Dr. Guillermo Barreda
Revisor



Dr. Kenneth Pineda
Coordinador de Investigación



Dr. Carlos Alvarado
Director de Escuela de Estudio de Postgrado Odontología

